



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO

DOMAINE : **SCIENCE DE L'INGENIEUR**

MENTION : **INGENIERIE PETROLIERE**

PARCOURS : **PETROCHIMIE**

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Master en Ingénierie Pétrolière,
Parcours Pétrochimie



Présenté par : **ANDRI-MAHEFA Iarizo Todisoa**

Date de soutenance : 31 Mai 2018



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO

DOMAINE : SCIENCE DE L'INGENIEUR

MENTION : INGENIERIE PETROLIERE

PARCOURS : PETROCHIMIE

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du
Diplôme de Master en Ingénierie Pétrolière,
Parcours Pétrochimie*

« Techniques de traitement des eaux usées de la centrale thermique SYMBION POWER Mandroseza »

Membres du Jury :

Président : Monsieur ANDRIANAIVO Lala

Encadreur :

- Monsieur ANDRIANAIVORAVELONA Oliva Jaconnet
- Monsieur RAMAROSON Jean De Dieu

Examineurs :

- Madame RARIVOSON Nantenaina
- Monsieur RAKOTOSAONA Rijalalaina
- Monsieur ANDRIANARY Philippe Antoine

Présenté par : **ANDRI-MAHEFA Iarizo Todisoa**

Date de soutenance : 31 Mai 2018

SOMMAIRE

PARTIE A : CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

- 1- PRESENTATION DE L'ENTREPRISE
- 2- GENERALITES SUR LES EAUX RESIDUAIRES
- 3- TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES EAUX HUILEUSES

PARTIE B : ETUDES EXPERIMENTALES

- 1- CONCEPTION, REALISATION DES MATERIELS ET EQUIPEMENTS
- 2- METHODOLOGIE DU TRAITEMENT
- 3- RESULTATS ET INTERPRETATIONS

PARTIE C : PERSPECTIVES POUR AVOIR UN BON RENDEMENT ET EVALUATION ENVIRONNEMENTALE

- 1- PERSPECTIVES POUR UN AVOIR UN TRAITEMENT ADEQUAT
- 2- ETUDE ENVIRONNEMENTALE

TENY FISAORANA

Alohan'ny zavatra rehetra dia isaorana Andriamanitra sy Zanahary nanome tombon'andro sy fitahiana hatramin'izay fa indrindra nandritra ny taom-pianarana.

Ampanajana sy amin'ny hafaliana lehibe tokoa no isaorana ireto olona voalaza manaraka eto ambany ireto.

Andriamatoa ANDRIANAHARISON YVON Dieu Donné, Mpampianatra mpikaroka, Talen'ny Sekoly Ambony Pôliteknika an'Antananarivo nanome alalana izao fanehoan-kasa.

Andriamatoa ANDRIANAIVO Lala, Mpampianatra mpikaroka, Tompon'andraikitrin'ny sampam-pampianarana «Ingénierie Pétrolière », noho ny fandavan-tenany hikaroka hatrany hahatsara izany sampam-pampianarana izany;

Ramatoa RARIVOSON Nantenaina, mpiandraikitra ny lalam-pampianarana "Haisimiantsolitany", noho ny fampianarana nomeny sy nanakeny ho mpanadina.

Ireo mpiandraikitra:

Andriamatoa ANDRIANAIVORAVELONA Oliva Jaconnet, Mpampianatra mpikaroka ao amin'ny sampam-papianarana «Ingénierie Pétrolière » sy ;

Andriamatoa RAMAROSON Jean De Dieu, Mpikaroka mpampianatra ao amin'ny Centre National de Recherches Industrielle et Technologique (CNRIT) ;

Ireo mpanadina :

RAKOTOSAONA Rijalalaina, Mpampianatra mpikaroka ao amin'ny sampam-pampianarana « Ingénierie Pétrolière » sy ;

ANDRIANARY Philippe, Mpampianatra mpikaroka ao amin'ny sampam-pampianarana « Ingénierie Pétrolière » ;

Izay nahafoy fotoana taminy fanampiana nandritra ny asa fikarohana.

Ireo tompon'andraikitra rehetra tao amin'ny orinasa JIRAMA nohon'ny fanomezany alalana ahy hianatra asa tao.

Ho an'ireo mpampianatra rehetra tao amin'ny sampam-pampianarana «Ingénierie Pétrolière ».

LISTE DES ABREVIATIONS

AEOI : Association des Electriciens des Iles de l'Océan Indien

CNRIT : Centre National de Recherches Industrielle et Technologique

CE : La conductivité électrique

COT: Carbone total organique

DAGBD : Département Administratif et Gestion Base de Données

DAGBD : Département Administratif et Gestion Base de Données

DATE : Département Appui Technique à l'Exploitation

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

DEXO : Direction Exploitation Eau

DGRE : Département Gestion des Ressources en Eau

DGRC : Département Gestion Réseaux et Comptage

DQO : Département Qualité Eau

DQO : Département Qualité Eau

DR : Direction Régionale.

E0-Z : Echantillon après prétraitement (Décantation et Filtration)

E1-Z : Oxydation avec permanganate de potassium

E2-Z : Oxydation avec dioxyde de peroxyde d'hydrogène

E3-Z : Oxydation avec Hypochlorite de Sodium

E4-Z : Essai de traitement biologique

HBK : Haoud Berkaoui

JIRAMA : Jiro sy Rano Malagasy

MES : Matières en suspension

ONE : Office National de l'Environnement

pH : potentiel d'Hydrogène

Pt-Co : Platine et Cobalt

SEC : Société d'Etat Civil

SEEM : Société d'Eau et Electricité de Madagascar

SEM : Société d'Energie de Madagascar

SINEE : Société d'Intérêt National de l'Eau et d'Electricité

SMEE : Société Malgache de l'Eau et d'Electricité

STEP : Station d'Epuration des Eaux Polluées

THM: TriHaloMéthanes

TransAlta : TransAlta Energy Corporation

LISTES DES ANNEXES

Annexe 1 : TECHNIQUES D'ANALYSES DES EAUX

Annexe 2 : FICHE DE TECHNIQUES DES REACTIFS (INRS et VWR)

Annexe 3 : RESULTATS D'ANALYSE

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de la JIRAMA	5
Figure 2: Séparateur Eau-Huile.....	9
Figure 3 : Fonctionnement du Séparateur Eau-Huile.....	9
Figure 4 : Fonctionnement d'une centrale thermique.....	11
Figure 5 : Tubulure et Vanne d'arrêt	36
Figure 6 : Pistolet à colle/ Colle à bougie/ Source de Courant.....	37
Figure 7 : Cutter ou couteau.....	37
Figure 8 : Bouteille.....	38
Figure 9 : Enlèvement de la base du bouteille/ Création du trou	38
Figure 10 : Coupure et insertion de la Tubulure	39
Figure 11 : Appareil de Décantation.....	39
Figure 12 : Vanne d'arrêt/Filtre/Tubulure/Chambre de compte-goutte	40
Figure 13 : Pistolet à colle/Colle à bougie/Source de courant	40
Figure 14 : Préparation de la chambre de filtration.....	41
Figure 15 : Conception du trou et Bouchon	41
Figure 16 : Assemblage de la chambre de compte-goutte	42
Figure 17 : Vérification du bouchon/Appareil de filtration.....	42
Figure 18 : Purin non traité	43
Figure 19 : Mâche fer ou support des microbes	43
Figure 20 : Graphe représentant l'équilibre du pH	47
Figure 21: Procédé de traitement de l'eau usée	51
Figure 22 : Essai de traitement d'eau par décantation	54
Figure 23 : Essai de traitement d'eau par filtration	55
Figure 24 : Schéma du procédé d'oxydation par peroxyde d'hydrogène	57
Figure 25 : Schéma du procédé par hypochlorite de sodium	58
Figure 26 : Procédé d'oxydation par permanganate de potassium.....	59
Figure 27 : Courbe de croissance microbienne	62
Figure 28 : Mâche fer / Purin / Versement d'eau huileuse.....	62
Figure 29 : Représentation Eau Usées/Traitement Physique/Normes	65
Figure 30: Aspect de l'eau après le traitement physique.....	66
Figure 31 : Représentation Traitement Physique/Traitement par H ₂ O ₂ /Normes.....	67
Figure 32 : Aspect générale de l'eau après traitement par peroxyde d'hydrogène	68
Figure 33 : Comparaison traitement physique-NaClO-Normes	69
Figure 34 : Représentation Traitement Physique/Oxydation par KMnO ₄ /Normes.....	71
Figure 35 : Comparaison Traitement physique-Traitement biologique-Normes.....	72
Figure 36 : Chambre de filtration	78
Figure 37 : Problèmes rencontrés sur la décantation	79
Figure 38 : Illustration de la pollution par hydrocarbures sous formes de gouttelette.....	83
Figure 39 : Chameau mort à cause de la contamination de la nappe phréatique	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractérisation de l'effluent de la centrale	15
Tableau 2 : Classification par taille des polluants	17
Tableau 3 : Classification par la capacité à se dégrader	18
Tableau 4 : Normes eau de rejet de l'Etat Malagasy.....	21
Tableau 5: Comparaison Eau Usées/Traitement Physique/Normes	65
Tableau 6: Comparaison du traitement Physique / Oxydation avec peroxyde d'hydrogène / Normes.....	67
Tableau 7 : Comparaison traitement physique-NaClO-Normes.....	69
Tableau 8: Représentation Traitement Physique/Oxydation par KMnO4/Normes.....	71
Tableau 9 : Comparaison Traitement physique-Traitement biologique-Normes	73
Tableau 10: Représentation des paramètres faisable et non faisable.....	75

PARTIE A : CONTEXTE
GENERALE DE L'ETUDE
ET SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION

La JIRAMA est le principal fournisseur d'énergie électrique à Madagascar. L'énergie électrique fournie par la JIRAMA est produite en grande partie par des centrales thermiques qui fonctionnent par le biais du fioul lourd et du gazole. Cette source d'énergie qui fait fonctionner les centrales génère des rejets liquides chargés fortement en hydrocarbures. Ainsi, ils peuvent affecter les qualités des ressources en eau et l'environnement s'ils ne sont pas bien traités.

En effet, l'unique traitement que subissent les rejets liquides des centrales thermiques est la décantation, qui n'arrive pas à éliminer complètement les matières huileuses. Ainsi, ils affectent la qualité des ressources en eau qui se trouve autour de la centrale thermique. Il existe une société sous-traitante qui s'occupe du traitement de l'eau huileuse issues de la centrale mais elle n'arrive pas à traiter toutes les eaux usées. Des réservoirs sont utilisés pour stocker les eaux usées. A plusieurs moments les réservoirs sont pleins et il y a un problème de d'espace et de stockage.

Les hydrocarbures surtout les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont très difficiles à dégrader. Ainsi, ils peuvent s'accumuler dans ces lacs ou ces cours d'eau qui reçoivent les rejets, à long terme, ces ressources en eau deviendront inutilisables.

Ce sont alors ces raisons, combinées avec le cadre de la mise en application d'une politique environnementale de l'entreprise relative à la protection de l'environnement qui nous a poussé à choisir le thème de recherche « Techniques de traitement des eaux usées de la centrale thermique SYMBION POWER Mandrozeza ».

Le but du travail est de déterminer la meilleure méthode pour éliminer les hydrocarbures après le traitement physique des rejets liquides de la centrale thermique. Toutefois, les résultats ne sont pas concluants car nous n'avons pas pu déterminer la teneur en hydrocarbures des eaux huileuses parce que l'appareil de mesure des hydrocarbures du laboratoire n'a pas fonctionné au moment où on a effectué l'analyse.

Pendant cette période de stage, j'ai tout d'abord fait une analyse bibliographique et documentation sur les méthodologies d'analyse de l'eau et de l'huile ; ensuite j'ai effectué des essais d'analyse au sein du laboratoire de la JIRAMA, assisté par des laborantins au sein

de la société au début. Puis j'ai suivi des formations de prélèvement des échantillons d'eau sur terrain. J'ai également été invité, souvent à assister à des processus de traitement de l'eau huileuse au sein de la société Symbion Power.

Ce mémoire est composé de 3 parties principales.

La première partie a été consacrée au point d'aperçu théorique. Elle comprend 3 chapitres qui sont : la présentation de la société, les généralités sur les eaux résiduares et les techniques de traitement d'eau huileuse.

La deuxième partie présente l'expérimentation sur les quelques procédés de traitement.

Et la dernière évoque une étude d'impact environnemental des rejets liquides de la centrale.

Pour terminer ce travail, une conclusion générale englobe l'interprétation générale de l'étude.

Le procédé de traitement a été réalisé au sein de la société CNRIT.

Chapitre I : PRESENTATION DE LA SOCIETE JIRAMA ET DU STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES DE LA SYMBION POWER

Commençons tout d'abord par une petite présentation de l'entreprise sur laquelle j'ai pu effectuer mon stage. Elle débute par l'historique de la société, accompagnée par une petite aperçue de la centrale thermique de Symbion power qui se trouve à Mandrozeza. La station de traitement de l'eau issue de la centrale ne fonctionne plus correctement et pour une certaine raison elle n'est pas photographiable. Le traitement de l'eau est assuré par une société sous-traitante. L'eau issue de la centrale thermique analysée au sein du laboratoire de JIRAMA mais avant l'analyse, elle subit un prétraitement.

I-1 Historique

A Madagascar, la production et la distribution d'eau et d'énergie électrique ont connu deux périodes bien distinctes : celle d'avant et celle d'après la nationalisation de la société en 1975.

Avant 1975

A Antananarivo, il semble que la première distribution d'eau et d'électricité apparaissait vers 1899.

En 1905, une convention a été signée par le général Gallieni attribuant à la Société d'Etat Civile (SEC), le privilège d'adduction de l'eau et de l'éclairage public à Antananarivo.

Cette société deviendrait plus tard la Société d'Eau et Electricité de Madagascar (SEEM) qui, en plus d'Antananarivo, ravitaillait en électricité les régions de Toamasina, de Fianarantsoa, d'Antsirabe et de Diego [1].

Le 29 Septembre 1952, à côté de la SEEM, la Société d'Energie de Madagascar (SEM) a été créée suite à un accord entre l'Etat et la SEM sur la distribution d'eau. De ce fait, ces deux sociétés s'entraidaient mutuellement de sorte que, à l'intérieur d'une ville, l'une fournissait l'eau et l'autre l'électricité [1].

Le 04 Février 1974, l'Etat a confirmé son monopole en créant la Société Malgache de l'Eau et d'Electricité (SMEE) par adjonction de l'actif et du passif du bilan de la SEEM.

Plus tard, l'Etat les a regroupés dans une nouvelle Société d'Intérêt Nationale de l'Eau et d'Electricité (SINEE) qui prenait en charge la totalité des emplois de la SMEE et de la SEEM ; [1].

Après 1975

Le 31 Octobre 1975, la SINEE a été dissoute et ses anciennes attributions ont été confiées à la société Jiroso Rano Malagasy (JIRAMA). Elle a été conçue conformément à l'ordonnance n° 75024 du 17/10/75.

Le 29 Juin 1977, l'Etat a fusionné la SEEM, la SEM et la Gérance Nationale de l'Eau (GNE) au sein de la JIRAMA. A cette époque, la JIRAMA était membre fondateur de l'Association des Electriciens des Iles de l'Océan Indien (AEOI) [1].

En 1983, la JIRAMA a signé un accord avec les bailleurs de fond étrangers au titre du projet ENERGIE pour les grandes réalisations telles qu'Andekaleka et les travaux d'équipements comme le renforcement en eau potable à Mandrozeza.

En 1996, pour le développement de son service, la JIRAMA a signé un nouvel accord avec la Banque Mondiale pour assurer les projets d'investissements électriques pour les cinq ans à venir. Le projet ENERGIE visera comme objectif l'amélioration des perspectives de croissance durable de Madagascar en assurant un approvisionnement en électricité adéquat à long terme, ainsi qu'à un meilleur service pour la population urbaine et rurale.

Juillet 2015, la JIRAMA et la firme Américaine SYMBION POWER ont trouvés un accord de collaboration pour améliorer et augmenter la production d'électricité de JIRAMA.

I-2 Organigramme de la JIRAMA

L'organigramme de la société JIRAMA est représenté par le figure 1 suivant ;

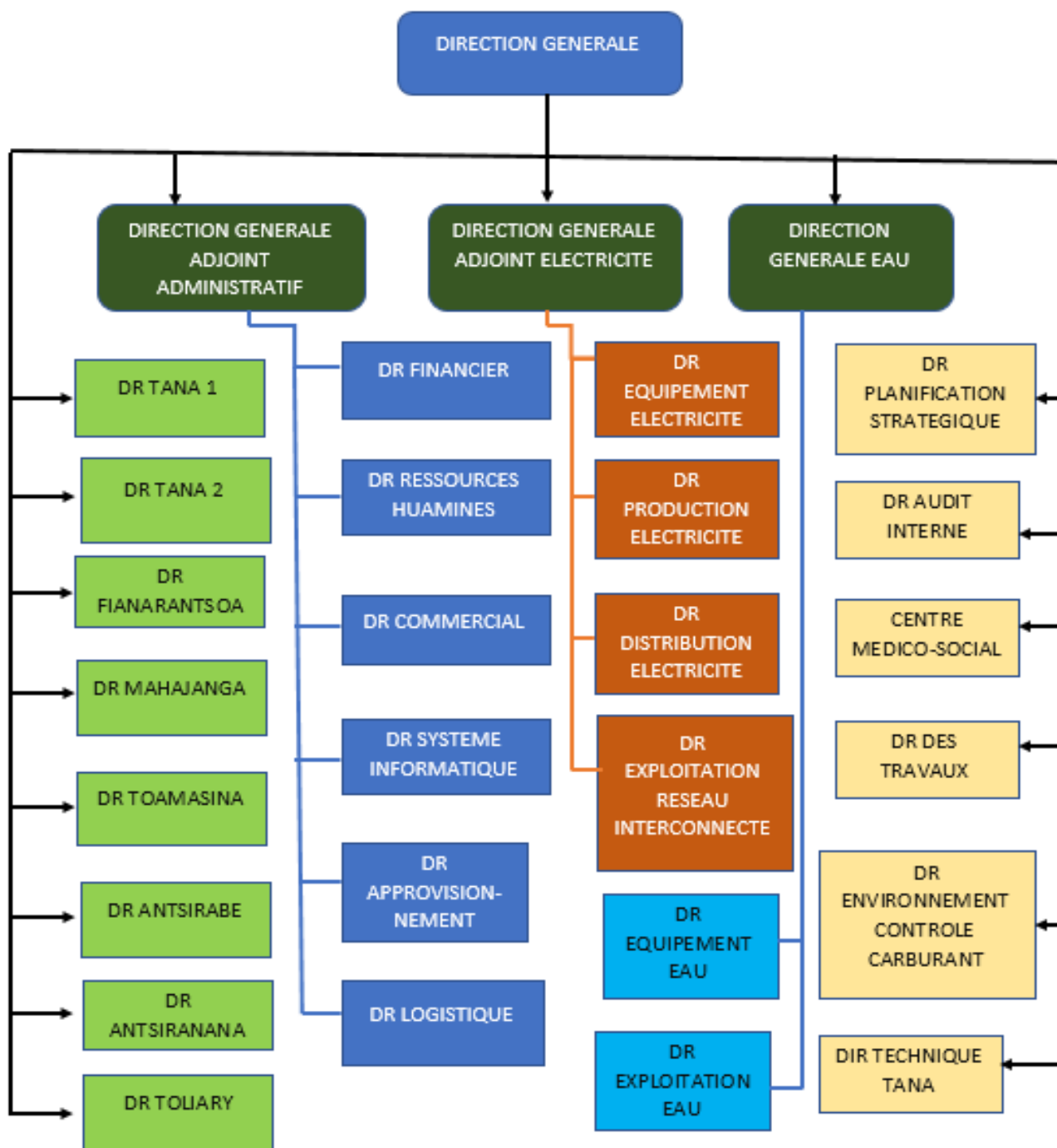


Figure 1: Organigramme de la JIRAMA

Source : JIRAMA

Direction Exploitation Eau (DEXO)

La Direction de l'Exploitation Eau (DEXO) est une des Directions assurant le bon déroulement de l'activité de la JIRAMA. Elle a pour mission d'assurer, d'une manière continue et cohérente, la production et la distribution d'eau potable dans tous les centres d'exploitation [1].

Afin de mener à bien la mission qui lui est assignée, la Direction Equipement Eau comprend 5 départements :

- Département Gestion des Ressources en Eau (DGRE) ;
- Département Appui Technique à l'Exploitation (DATE) ;
- Département Gestion Réseaux et Comptage (DGRC) ;
- Département Administratif et Gestion Base de Données (DAGBD) ;
- Département Qualité Eau (DQO).

- Département Gestion des Ressources en Eau (DGRE)

Ce département a pour mission de gérer l'intégrité des ressources en eau mobilisées et mobilisables dans le périmètre de concession de la JIRAMA en collaboration avec l'Autorité Nationale de l'Eau et de l'Assainissement (ANDEA) et la maintenance des ouvrages des ressources en eau.

- Département Appui Technique à l'Exploitation (DATE)

Ce département a pour mission de fournir l'appui et l'assistance technique aux Centres d'exploitation dans les domaines ressources en eau, installations techniques, système de conduite, budget et logistique de manière continue, exhaustive et adaptée au contexte national.

- Département Gestion Réseaux et Comptage (DGRC)

Ce département a pour mission de proposer et de mettre en œuvre les projets d'amélioration du réseau eau et gestion du système de comptage eau à l'usage de tous les centres d'exploitation et la mise à disposition des données à jour, véridiques et exhaustives y afférentes.

- Département Administratif et Gestion Base de Données (DAGBD)

Ce département a pour mission de mettre en disposition les Directions de données véridiques, à jour et exhaustives sur l'exploitation et gestion à temps réels du budget et de la logistique de la Direction.

- Département Qualité Eau (DQO)

Ce département a pour mission d'assurer l'efficacité de la qualité des eaux distribuées, de la ressource aux consommateurs, et des huiles lubrifiantes et combustibles.

Ce département renferme 3 services y compris les 2 laboratoires (laboratoire contrôle qualité microbiologique et laboratoire contrôle qualité physico-chimique). C'est le Département qui m'a accueilli pour mon stage.

- ❖ Service Contrôle Qualité Microbiologique et Gestion Sécurité Sanitaire de l'Eau.

Il a pour mission l'étude et la mise en œuvre des activités de contrôle qualité bactériologiques des eaux dans les laboratoires des centres d'exploitation.

- ❖ Service Contrôle Qualité Physico-chimique

Il a pour mission l'étude et la mise en œuvre des activités de contrôle qualité physico-chimique des eaux.

- ❖ Service Contrôle Traitement et Environnement Eau

Il a pour mission l'étude et la mise en œuvre des activités de contrôle du traitement eau et de la protection de l'environnement dans les centres d'exploitation en vue de l'optimisation de la performance des ouvrages de traitement.

C'est dans ce laboratoire d'analyse des eaux à Mandrozeza que j'ai effectué mon stage concernant les analyses physico-chimiques de l'eau.

I-3 La station de traitement d'eaux huileuses de la société SYMBION POWER

La firme SYMBION POWER est en étroite collaboration avec la JIRAMA depuis quelques temps. Elle gère la production d'électricité de la ville Antananarivo et donc cette société qui utilise maintenant la centrale thermique qu'utilisait JIRAMA avant. Dans ces centres de production d'électricité, les eaux huileuses proviennent de [2] :

- Lavage des planchers, des équipements et des véhicules ;

- Fuites provenant du procédé et du lavage des équipements
- Déversements accidentels.

Les types d'huile que l'on peut trouver mélangées avec l'eau sont les suivants :

- Huile pour moteur à essence ou carburant diesel ;
- Huile pour engrenage industriel ou pour différentiel de véhicules ;
- Huile de circulation ou pour turbine ;
- Huile de lubrification pour machine ;
- Huile pour compresseur à base d'huile minérale ou de carburant diesel ; ;
- Huile isolante (minérale) pour transformateur ;
- Huile pour système hydraulique
- Huile pour système de servodirection ;
- Huile pour transmission manuelle ou automatique de véhicules.

Les eaux huileuses sont traitées par le séparateur (figure 2 et 3). Le rôle du séparateur est d'intercepter, dans les eaux usées, les huiles ou les hydrocarbures qui ne sont ni solubles dans l'eau, ni présents sous forme d'émulsion [2].

Le séparateur eau-huile est donc essentiellement une chambre de séparation dans laquelle on crée des conditions d'écoulement suffisamment calmes (répartition des vitesses d'écoulement) pour que les gouttelettes d'huile dispersées dans l'eau remontent à la surface grâce à l'écart entre les densités respectives de l'huile et de l'eau.



Figure 2: Séparateur Eau-Huile

(Source : JIRAMA)

Voici un schéma qui explique le fonctionnement de ce séparateur,

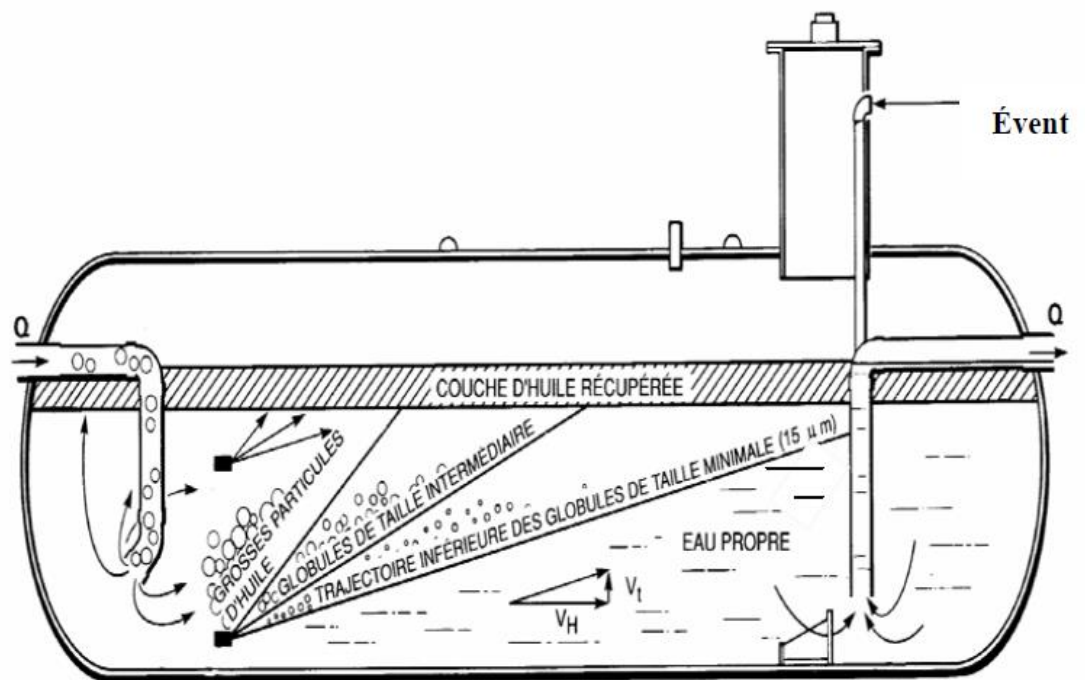


Figure 3 : Fonctionnement du Séparateur Eau-Huile

Source : CAE FIBRE DE VERRE LTÉE, Bulletin technique O.W.S 1.00, Séparateur d'huile et d'eau par gravité, Description technique, 15 juin 1989.

Cet équipement permet la séparation des gaz et quelques quantités d'huile. Mais par faute de maintenance et d'entretien, il ne fonctionne plus actuellement....

I-4 Cas général d'une centrale thermique

Lorsque l'on parle de production électrique, il est courant que les termes « thermique » et « fossile » soient rapprochés. Or, une centrale thermique est une centrale qui produit de l'électricité à partir d'une source de chaleur mais pas nécessairement à partir d'un combustible fossile [3].

Le fonctionnement d'une centrale thermique consiste à produire de la vapeur qui actionne une turbine couplée à un alternateur. On distingue 3 types de centrales thermiques selon l'origine de la source de chaleur :

- Les centrales exploitant de la chaleur issue de l'énergie nucléaire : la chaleur provient actuellement de la fission de noyaux d'uranium 235 ou de plutonium 239 ;
- Les centrales exploitant de la chaleur « renouvelable » : la chaleur peut-être issue du sous-sol (centrales géothermiques) ou du rayonnement du Soleil que l'on concentre (centrales solaires thermodynamiques) ;
- Les centrales, dites « à flamme », exploitant de la chaleur issue de la combustion d'un composé carboné : le combustible, brûlé dans une chaudière, est souvent fossile (centrales à charbon, à gaz, au fioul). Les centrales à biomasse et celles brûlant des déchets (industriels, agricoles ou ménagers) font toutefois également partie de cette catégorie de centrales [3].

Les centrales fonctionnent avec un combustible (gaz, fioul, charbon ...) Ces centrales sont composées d'une cheminée représentée sur l'image par un tube orange avec du feu en dessous. D'une turbine et d'un alternateur représenté par un tube rouge et un soleil jaune sur l'image et d'un recycleur représenté par une sorte de rectangle bleu sur l'image [3].

Le fonctionnement

Un combustible (1) (gaz, fioul, charbon ...) brûle dans une chaudière (2). La chaleur provoquer par cette combustion va transformer l'eau de la chaudière en vapeur. Cette vapeur va faire tourner une turbine (3) qui va entraîner en même temps l'alternateur (4). Ce

qui va créer l'électricité puis l'eau va être recyclée par un recycleur. Un condenseur (5) refroidit la vapeur d'eau. Et ce cycle va se répéter à chaque fois que les centrales fonctionnent. Ce processus de fonctionnement est représenté par la figure 4 :

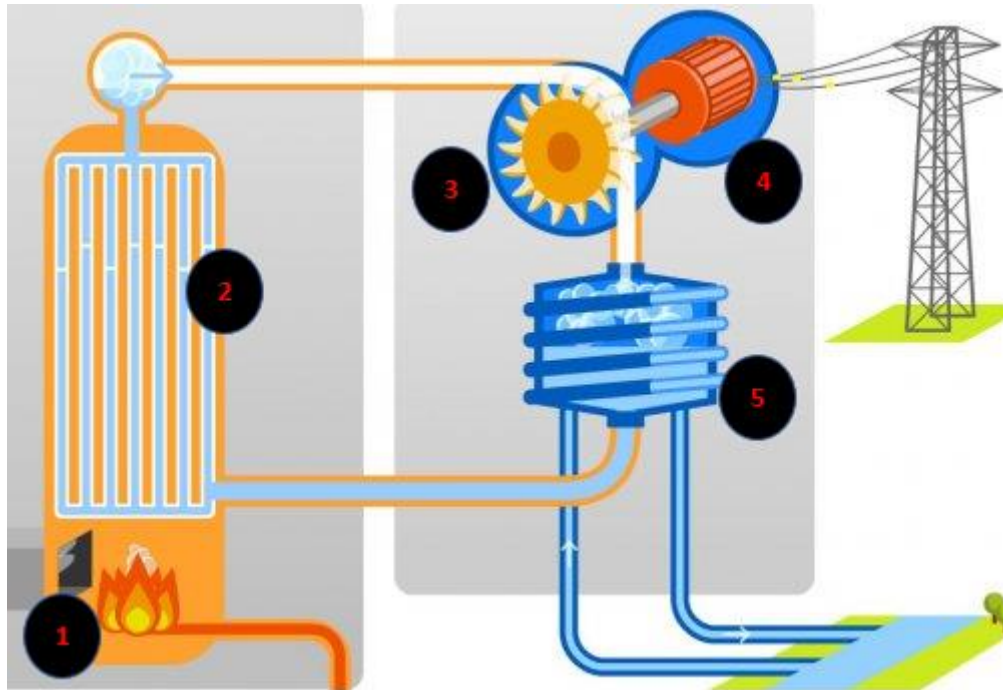


Figure 4 : Fonctionnement d'une centrale thermique

Source : Fonctionnement d'un centrale thermique, Travaux d'études, Marie de la Tours d'Auvergne, 2012-2013

Chapitre II : GENERALITES SUR LES EAUX RESIDUAIRES

II-1 Introduction

Les normes nationales et internationales fixent des indicateurs de pollution biologique et physico-chimique de l'eau. Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, aussi se réfère-t-on à quelques paramètres pour les caractériser. Généralement exprimés en mg/l : Il existe une grande variété de paramètres indicateurs de pollution de l'eau. Il faut noter que ces paramètres peuvent être physiques, chimiques ou biologiques.

II-2- Définition des eaux usées

Les eaux usées sont produites par des usages domestiques, industriels ou même agricoles, constituant donc un effluent pollué qui sont rejetées dans un émissaire d'égout. Elles regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines) [5].

II-3- Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue cinq catégories d'eaux usées.

II-3.1 Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout-à-l'égout. Elles contiennent des matières minérales qui sont les chlorures, phosphates, sulfates, etc... et des matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de Carbone, Oxygène et Hydrogène, mais aussi d'Azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que Soufre, Phosphore, fer, etc... [6].

II-3.2 Les eaux usées de ruissellement

Constituent les eaux de pluies, eaux de lavages et eaux de drainage. Ces eaux sont polluées par les matières qu'elles entraînent en provenance des trottoirs et des chaussées (huiles, mazoutes, graisse, sables...etc.). Les eaux de drainage peuvent provenir de la montée d'une nappe phréatique dans le sol. Elles sont généralement peu polluées [6].

II-3.3 Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs types varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures, ...etc. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mêlées aux eaux usées domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution [7]. C'est ce type d'eau qui nous intéresse.

II-3.4 Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des silts, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules).

II-3.5 Les eaux usées agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais nitrés et phosphatés, sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues [7].

II-4 Rejets liquides d'une centrale thermique

L'eau est essentielle à l'exploitation de la centrale et elle circule en circuit fermé. La centrale doit néanmoins être alimentée régulièrement en eau d'appoint, pour compenser l'évaporation et les fuites de vapeur et pour les opérations périodiques de purges et de rinçages des chaudières. Ce sont les rejets résultants de ces opérations qui pourraient altérer la qualité du milieu récepteur [8].

Selon TransAlta, ou TransAlta Enetgy Corporation, une grande société qui œuvre sur le domaine de l'électrification en Canada, l'estimation du volume des rejets liquides s'élève à 109 300 m³ par année, ce qui représente 6% du total de l'eau en circulation dans la centrale.

Ces rejets contiendraient des produits anticorrosifs et biocides ajoutés à l'eau pour assurer le bon fonctionnement du circuit de production de vapeur et en prolonger la vie utile. La commission note que certains de ces additifs chimiques se trouveraient dans l'effluent de la centrale, à des concentrations avoisinant leur CL₅₀ pour des micro-organismes aquatiques [8].

Tout ce qui a trait aux autres contaminants doit être conforme aux exigences du Projet de règlement sur les rejets liquides. TransAlta estime notamment que le séparateur huile/eau doit être en amont du point de rejet dans le fossé de drainage du parc pourrait également servir de bassin de sédimentation pour les phosphates et les hydroxydes de fer présents dans l'effluent de la centrale [8].

Comme mesure supplémentaire, le promoteur prévoit de maintenir le pH de l'effluent à une valeur de 8,2. Il propose aussi d'installer des espaces imperméables de confinement là où des huiles sont utilisées ou entreposées, pour empêcher leur dispersion en cas de déversement ou de bris d'équipement. Enfin, il faut prévoir aussi d'autres mesures de traitement.

Selon une étude effectuée en avril 1993, le fossé de drainage qui reçoit l'effluent de la centrale a un débit moyen de 0,5 m³ par seconde. Évalué en moyenne à 0,004 m³/s, le débit de l'effluent représenterait moins de 1% du débit du fossé, ce qui signifie que les contaminants qui pouvaient s'y trouver seraient dilués plus de cent fois. TransAlta conclut que ces rejets aqueux ne doivent pas avoir de répercussions sur le milieu récepteur.

Pour sa part, l'ONE aimerait attirer l'attention sur les points suivants :

- Il est probable que le séparateur huile/eau puisse servir d'une manière passive de lieu de précipitation des contaminants métalliques, sous l'effet d'un pH légèrement alcalin. Toutefois, sa capacité pourrait se révéler insuffisante si les concentrations étaient plus élevées que prévu
- Le débit moyen de l'effluent s'élèverait à 0,004 m³/s, mais il ne serait pas constant. En fait, les variations de débit pourraient être considérables, compte tenu du caractère périodique et intense des opérations de purge et de rinçage qui sont à l'origine de cet effluent [8].

Le tableau 1 suivant résume l'estimation de la caractérisation de l'effluent de la centrale. Les valeurs sont en mg/l à moins d'indication à ce sujet. Cas TansAlta

Tableau 1: Caractérisation de l'effluent de la centrale

Paramètre	Effluent global	Normes proposées
Volume d'effluent (m ³ /an)	109 300	
pH	8,25	9,5
Conductivité (μS/cm)	6 034	
Calcium (CaCO ₃)	852	
Magnésium (en CaCO ₃)	213	
Sodium (en Na)	894	
Fer (en Fe)	2,92	5,0
Cuivre (en CU)	0,01	1
Zinc (en Zn)	0,50	1
Alcalinité (en CaCO ₃)	183	
Chlore (en Cl)	184	
Halogène résiduel libre (en Cl ou Br)	0,2	0,3
Sulfates (en SO ₄)	1 607	
Phosphate (en P)	0,81	1
Silice (en SiO ₂)	20	
Variation de température (°C)	+16	65° au max
Solides en suspension (ppm)	26,65	30

Copolymère d'acrylate	21,80	
Balance polymère,	6,65	
Molpholine	1,76	
Cyclohexylamine	0,32	
Hydroquinone	0,16	
Huile et graisse	0,30	15
Détergent	0,20	
Tolyhiaiole	1,64	
Molybdène	3,7	10,0

Source : Tableau adapté à parti de l'Étude d'impact, tableau 2.7, Projet de règlement sur les rejets liquides, MEE version technique, 31 août 1993

II-5 Pollution

II-5.1 Définition

Une eau polluée est une eau qui a subi, du fait de l'activité humaine, directement ou indirectement ou sous l'action d'un effet biologique ou géologique, une modification de son état ou de sa composition qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée. Une eau usée est définie comme étant une eau qui a subi une modification de sa composition ou de son état du fait de son utilisation [9].

La pollution de l'eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques [10].

Les polluants sous forme particulaire provoquent entre autres une augmentation de la turbidité de l'eau et un envasement.

II-5.2 Classification

On peut classer les polluants selon plusieurs types.

a- Taille des polluants

La classification la plus immédiate de ces composés est de les répertorier en fonction de leur taille [11].

Cette classification est représentée par tableau 2

Tableau 2 : Classification par taille des polluants

Classification	Diamètres des particules μm	Caractéristique	Exemples de composé
Soluble	0,08		Carbohydrates simples, acides aminés, acides gras volatils, protéines, polysaccharides (amidon, cellulose...)
Colloïdale	0,08 -1	Limite entre phase solide et soluble	Graisses, bactéries libres, débris cellulaires...
Supra-colloïdale	1-100	Matières fines en suspension	Fibres cellulosiques, agrégats, lipides,
Particule	>100	Composés grossiers	Flocs bactériens, macroprotéines,

b- Capacité de dégradation

Une autre classification très importante est fondée sur la capacité des polluants à être dégradés. On distingue deux classes principales : Matières organiques et Matières inorganiques ou minérales [11].

Voici le tableau 3 qui illustre ce type de classification :

Tableau 3 : Classification par la capacité à se dégrader

Classification	Caractérisation	Exemple de composé
Matière organique	Possède aux moins un atome de carbone lié à un atome d'hydrogène	Hydrates de carbone, protéines, matières grasses, huiles, pesticides, phénols, azote organique
Matière inorganique ou minérale	Ne contient pas de carbone	Métaux lourds, azote ammoniacal, nitrates et nitrites, phosphates, sulfates, chlorures...

Source : BACHOUCHE Amina, Traitement des eaux usées de la station de déshuilage de HBK

On peut aussi classer selon la nature des polluants :

c- Pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Les polluants minéraux sont constitués principalement par les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs.

d- Pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires [12].

e- Pollution chimique

Créée généralement par les déversements des établissements industriels, elle est plus ou moins nocive, selon la nature des substances dissoutes dans l'eau (exemple : pollution par les phénols) et selon les concentrations de ces substances [12].

f- La pollution physique

C'est le résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défilage de bois, de tanneries).

g- Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications d'engrais.

Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [12].

h- Pollution d'azote

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riches en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires. L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique), et une forme oxydée formée par les ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-).

II-6 Norme

Pour les 'biens et services', on entend par 'norme', toute spécification technique accessible au public établi avec la coopération et le consensus de toutes les parties intéressées, fondée sur les résultats de la science, de la technologie et de l'expérience, visant à l'avantage de la communauté dans son ensemble.

La définition d'une 'norme environnementale' en est quelque peu différente en ce sens qu'elle représente une limite fixée en fonction de la toxicité, de l'écotoxicité, etc. du polluant considéré au-dessus de laquelle des perturbations de toute ou partie des composantes du milieu ambiant et/ou de la santé humaine sont susceptibles de se produire [13].

II-6.1 Valeur limite

Elle est définie comme étant la valeur moyenne du paramètre considéré à ne pas dépasser sur une journée de travail et tendant à préserver la qualité du milieu récepteur considéré.

Le présent texte porte sur la classification des eaux de surface et sur les normes de rejet d'effluents aqueux dans le milieu naturel. Il est applicable à tous les établissements (publics ou privés) et à tous les secteurs d'activités économiques. Les eaux de surface (cours d'eau, lacs et tous plans d'eau) sont classées de la manière suivante :

- Classe A : bonne qualité, usages multiples possibles,
- Classe B : qualité moyenne, loisirs possibles, baignade pouvant être interdite.
- Classe C : qualité médiocre, baignade interdite,
- HC : hors classes, contamination excessive, aucun usage possible à part la navigation.

La présence de germes pathogènes désigne directement une catégorie hors classes.

C'est le paramètre le plus mauvais qui déterminera la classe d'une eau donnée [13].

Le tableau 4 suivant évoque la valeur limite de l'eau de rejet à Madagascar selon le Ministère de l'Environnement.

Tableau 4 : Normes eau de rejet de l'Etat Malagasy

Paramètre	Classe A	Classe B	Classe C	Hors Classe
Facteurs Biologiques				
Oxygènes dissous (mg/l)	$5 \leq OD$	$3 < OD < 5$	$2 < OD \leq 3$	$OD < 2$
DBO_5 (mg/)	$DBO \leq 5$	$5 < DBO \leq 20$	$20 < DBO \leq 70$	$70 < DBO$
DCO (mg/l)	$DCO \leq 20$	$20 < DCO \leq 50$	$50 < DCO \leq 100$	$100 < DCO$
Présence de germes pathogènes	Non	Non	Non	Oui
Facteurs physique et Chimique				
Couleur (échelle Pt-Co)	$coul < 20$	$20 \leq coul \leq 30$	$30 < coul$	
Température (°C)	$\theta < 25$	$25 \leq \theta \leq 30$	$30 \leq \theta \leq 35$	$35 < \theta$
pH	$6,0 \leq pH \leq 8,5$	$5,5 < pH < 6,0$ ou $8,5 < pH < 9,5$	$pH \leq 5,5$ ou $9,5 \leq pH$	
MES (mg/l)	$MES < 30$	$30 \leq MES \leq 60$	$60 \leq MES < 100$	$100 < MES$
Conductivité ($\mu S/cm$)	$x \leq 250$	$250 < x \leq 500$	$500 < x \leq 3\ 000$	$3\ 000 < x$

Source : Décret n° 2003/464 du 15 avril 2003 portant sur la classification des eaux de surface et réglementation des rejets d'effluents liquides.

II-6.2 Pouvoir dissociant de l'eau

L'eau dissout une importante quantité de corps ionique, comme les sels donnant des ions et certains nombres de substances chimiques. La capacité de dissociation de l'eau provient du caractère polaire des molécules d'eau qui en possède des charges positives et

négatives. Ces charges attirent les charges de signes contraires des ions qui leur sont proches [5].

II-7 Paramètres organoleptiques

La couleur et l'odeur

Dans les eaux usées brutes, l'odeur est due à une fermentation des matières organiques. La couleur vraie après filtration est due, le plus souvent, à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdales. Il n'y a pas de relations entre la couleur et la concentration en matières organiques. Elle est mesurée par comparaison à une solution de référence (Platine - Cobalt) [5].

II-8 Paramètres physico-chimiques

Pour traiter l'eau, il est besoin de la connaître et donc de pouvoir la caractériser le plus précisément possible. Dans le vocabulaire du traiteur d'eau, certains termes s'écartent sensiblement des termes scientifiques utilisés par ailleurs. Les paramètres répertoriés ci-dessous sont les plus courants.

II-8.1 La température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique. Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant 28 à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 °C à 15 °C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5 °C [14].

II-8.2 Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14; 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH exprime le potentiel en hydrogène, il joue un rôle important dans :

- Les propriétés physique-chimiques (l'acidité et l'alcalinité) ;
- L'efficacité de certains procédés (coagulation-floculation) ;

- Le processus biologique.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie [14].

II-8.3 La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède l'eau à favoriser le passage d'un courant électrique. C'est le paramètre qui indique la teneur en sel dissout (salinité de l'eau). La conductivité est l'inverse de la résistivité et s'exprime en micro Siemens par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [9]. Sa mesure est importante car au-delà de la valeur limite de salinité correspondant à une conductivité à $2500\mu\text{Sm/cm}$, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire [15].

II-8.4 Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la consommation globale à chaud de l'oxygène du dichromate de potassium et est représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables. On utilise parfois la DCOAD qui correspond à la demande chimique en oxygène de l'échantillon après une décantation de 2 heures. Généralement, la valeur de la DCO est :

- $\text{DCO} = 1,5 \text{ à } 2 \text{ fois DBO}$: eaux usées urbaines
- $\text{DCO} = 1 \text{ à } 10 \text{ fois DBO}$: ensemble des eaux résiduelles
- $\text{DCO} > 2,5 \text{ fois DBO}$: eaux usées industrielles. [15]

II-8.5 Demande biochimique en oxygène (DBO)

C'est la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps donné pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau. On utilise conventionnellement la DBO_5 , c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation. La DBO_5 n'est représentative normalement que de la pollution organique carbonée biodégradable [16].

II-8.6 Biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que $K = DCO/DBO_5$

- Si $K < 1.5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradables ;
- Si $1,5 < K < 2.5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables ;
- Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables ;
- $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'élément inhibiteur de la croissance bactérienne. La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique.

Le rapport entre la DCO et la DBO_5 peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent. La DBO et la DCO sont deux moyens d'apprécier la teneur en matières organiques oxydables. La dégradation de celles-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissout [16].

II-8.7 Turbidité

En relation avec la mesure des matières en suspension, elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique. Elle est appréciée, soit par rapport à des solutions témoins, soit par la mesure de la limite de visibilité d'un objet défini (fil de platine, disque de Secchi). Elle est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau et elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [17].

II-8.8 Matières en suspension (MES)

Le paramètre englobe tous les éléments en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée. Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel [18].

II-8.9 Carbone total organique (COT)

Détermine des propriétés variables du carbone organique dissout et particulaire, du carbone organique provenant de substances volatiles et du carbone minéral dissous.

Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO₂ à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon. [18]

II-9 Paramètres bactériologiques

Le principe est basé sur le dénombrement des colonies de bactéries. La recherche systématique des germes indicateurs de pollution qui sont [16] :

- Les organismes coliformes
- Les coliformes fécaux

Chapitre III- TECHNIQUES DE TRAITEMENTS DES EAUX USEES

III-1 Introduction

Les qualités de l'eau nécessaires dans l'industrie sont variées et correspondent à des emplois de valeur ajoutée inégale. Si les petites et moyennes entreprises peuvent souvent se satisfaire d'eau potable ou d'un forage, la taille et la situation des grandes usines les conduisent à utiliser des sources moins coûteuses pouvant aller jusqu'à l'eau de mer.

De plus, l'importance croissante des besoins justifie le recyclage de ces eaux et la variété des fonctions de l'eau conduit souvent à des recommandations de qualité.

Traiter l'eau, c'est modifier ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques en vue de les adapter à ses usages.

III-2 Les composantes d'un traitement

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée.

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, quatre niveaux de traitements sont définis [19].

- Les prétraitements consistent à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus grossiers (dégrillage, dégraisage). Ce sont de simples étapes de séparation physique.
- Les traitements primaires regroupent les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension. A l'issue du traitement primaire, seules 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées. Ces traitements primaires ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Ils ont d'ailleurs tendance à disparaître en tant que seul traitement, notamment lorsque l'élimination de la pollution azotée est requise. Pour répondre aux exigences réglementaires, une phase de traitement secondaire doit être conduite.

- Les traitements secondaires recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote, et phosphore). Ils constituent un premier niveau de traitement biologique. Pour satisfaire à la réglementation actuelle, les agglomérations de plus de 2 000 équivalents-habitants devaient être raccordées à des stations d'épuration permettant un traitement secondaire des eaux usées. Le traitement secondaire est donc désormais le niveau minimal de traitement qui doit être mis en œuvre dans les usines de dépollution.
- Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible. A titre d'illustration, les rejets dans les eaux de baignade, dans des lacs souffrant d'un phénomène d'eutrophisation ou dans des zones d'élevage de coquillages sont concernés par ce troisième niveau de traitement. Les traitements tertiaires peuvent également comprendre des traitements de désinfection. La réduction des odeurs peut encore être l'objet d'attentions particulières [19].

III-2.1 Le relèvement

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leur poids. Une station de relèvement permet d'acheminer les eaux usées dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent à un niveau plus bas que les installations de dépollution.

Cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes et des canalisations [19].

III-2.2 Les prétraitements

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage).

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des

grilles dont l'espacement est plus réduit, peut compléter cette phase de prétraitement. Cependant, il génère beaucoup plus de déchets [19].

Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage.

Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisses dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération). Elles peuvent aussi faire l'objet d'un traitement biologique spécifique au sein de la station d'épuration.

De nombreuses stations utilisent des dessableurs- dégraisseurs combinés.

III-2.3 Les traitements primaires

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques, avec décantation ou filtration plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation- floculation. Ces traitements éliminent 50 à 60 % des matières en suspension, mais ne suffisent généralement plus pour satisfaire les exigences épuratoires de la réglementation actuelle. Avec la coagulation et la floculation dans des décanteurs lamellaires, on peut éliminer jusqu'à 90 % des MES [19].

La décantation primaire classique consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension et réduit d'environ 30 % la DBO et la DCO.

L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. Une

décantation lamellaire permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension et diminue de plus de 40 % la DCO et la DBO [19].

La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation-floculation permet d'éliminer jusqu'à 90 % des matières en suspension et 75 % de la DBO. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif, qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage. Les amas de solides ainsi obtenus sont appelés "flocs".

III-2.4 Les traitements "secondaires", l'élimination biologique des matières polluantes

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les procédés membranaires combinent quant à eux des procédés biologiques et physiques.

Certaines installations de dépollution des eaux usées ont toutefois recours à des filières de traitements physico-chimiques, qui peuvent, dans différents cas (part importante d'effluents industriels dans les eaux collectées, conditions de température inadaptées aux traitements biologiques, niveaux de rejet moins exigeants...) s'avérer plus opportunes.

III-2.4.1 Les traitements biologiques

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques. Ces techniques sont soit anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, soit aérobies, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. En France, c'est aujourd'hui le procédé des "boues activées" qui est le plus répandu dans les stations d'épuration assurant un traitement secondaire.

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et intensifs.

a- Les procédés biologiques extensifs

Le lagunage utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Concrètement, les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins, au minimum trois. L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et par l'activité de photosynthèse des algues de surface. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau.

Le rayonnement solaire détruit en outre certains germes (lagunage de finition, dans les derniers bassins). La durée de séjour des eaux usées dans les bassins peut atteindre 60 jours et les eaux à traiter doivent avoir subi une décantation préalable (lagunage primaire).

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année. Il est surtout bien adapté aux communes rurales.

b- Les procédés biologiques intensifs

Ils regroupent toute une série de techniques ayant en commun le recours à des cultures bactériennes qui "consomment" les matières polluantes. Il existe deux grandes catégories de procédés biologiques artificiels :

- les installations à "cultures libres", dans lesquelles la culture bactérienne est maintenue en suspension dans le courant des eaux usées à traiter ;
- les installations à "cultures fixées", où la culture bactérienne (appelée aussi "biofilm", "film biologique" ou "biomasse") repose sur un support (caillou, plastique, milieu granulaire fin) [19].

c- Les installations à "boues activées" fonctionnent selon le principe des "cultures libres".

Il s'agit d'un système d'épuration aérobie, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. La culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Un système d'aération permet à la fois d'apporter l'oxygène nécessaire à l'épuration et de brasser les eaux usées. Ce brassage est indispensable pour homogénéiser le mélange et éviter les dépôts. Les matières organiques contenues dans l'eau se transforment en carbone (sous la

forme de dioxyde de carbone - CO₂) sous l'action des bactéries. Les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés "boues".

Après un temps de séjour dans ce bassin d'aération, l'effluent est renvoyé dans un clarificateur, appelé aussi décanteur secondaire. L'eau épurée est ainsi séparée des boues par décantation.

Ensuite, les boues sont soit envoyées dans une unité de traitement spécifique, en vue de leur épandage agricole ou de leur élimination, soit réinjectées pour partie dans le bassin d'aération. On qualifie cette opération de "recirculation des boues". Ce recyclage d'une partie des boues produites par le système d'épuration permet de maintenir la masse de bactéries contenue dans le bassin d'aération à un niveau compatible avec les performances épuratoires attendues.

d- Les installations à "cultures fixées"

Les cultures fixes peuvent recourir à différents types de support pour les cultures bactériennes. La technique des lits bactériens consiste à faire ruisseler les eaux à traiter sur un support solide où se développe une culture de micro-organismes épurateurs, le "film biologique" ou "biofilm". Les eaux usées traversent le réacteur et, au contact du film biologique, les matières organiques se dégradent. Un clarificateur doit être placé en aval du lit bactérien pour éliminer les boues résultant des matières organiques dégradées. Un décanteur est également placé en amont du lit pour éviter les colmatages.

Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO. Les lits bactériens sont en général réservés aux installations d'une taille inférieure à 2 000 équivalents-habitants.

La bio filtration utilise une culture bactérienne fixée sur un support granulaire fin, ou "milieu granulaire", immergé dans un bassin. Le milieu granulaire sert à la fois de filtre et de support aux cultures bactériennes. Cette installation offre donc la possibilité de réaliser conjointement la dégradation des matières polluantes et la clarification des eaux usées. Les matières utilisées pour le support sont soit naturelles (pouzzolane, argiles expansés, schistes), soit synthétiques (billes de polystyrène expansé). Quel qu'il soit, le matériau retenu doit se caractériser par son action filtrante et permettre une fixation maximale des

cultures biologiques. Un système d'aération apporte l'oxygène nécessaire à l'intérieur du filtre.

Mise au point dans les années 80, cette technique élimine environ 90 % de la DBO et peut également éliminer l'azote. Elle présente l'avantage d'utiliser des installations plus compactes qui permettent une intégration facile des usines d'épuration en milieu urbain.

III-2.4.2 Les procédés membranaires

Les procédés membranaires combinent des procédés biologiques et physiques. Un traitement par boues activées est suivi d'une filtration au travers de membranes organiques.

Ces membranes très fines constituent une barrière physique qui retient les micro-organismes et les particules. Les bactéries ne franchissent pas la membrane, mais restent dans le réacteur, c'est-à-dire le bassin à boues activées où se déroule la réaction biologique de dégradation des matières organiques. Ce type de traitement a l'avantage de nécessiter des installations de dimension réduite (suppression du clarificateur) et d'offrir un très haut niveau d'épuration. Mais il reste peu utilisé, car les coûts de fonctionnement sont très élevés.

III-2.4.3 Clarification et rejet des effluents

À l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues [19].

III-2.5 Les traitements complémentaires ou tertiaires : azote, phosphore, désinfection

Des traitements plus poussés sont effectués lorsque la nature des milieux recevant l'eau dépolluée l'exige : les zones sujettes aux phénomènes d'eutrophisation, les lieux de baignade et de conchyliculture (élevage de coquillages). Ils sont, la plupart du temps, concomitants au traitement biologique du carbone [19].

III-2.5.1 L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH_4^+). L'élimination de l'azote ammoniacal est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification".

La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de l'azote ammoniacal en nitrates (NO_3^-), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la dénitrification, complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries "dénitrifiantes", sont transformés en azote gazeux. Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère comme le CO_2 produit par l'élimination des matières carbonées.

Ces procédés sont aujourd'hui les plus compétitifs et les mieux adaptés, puisqu'ils peuvent, notamment, être combinés à l'élimination de la pollution carbonée. Il suffit pour cela que les volumes des bassins et les dispositifs d'aération soient suffisants [19].

III-2.5.2 L'élimination du phosphore

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Les techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Le rendement moyen est d'environ 60 %. Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les normes requises [19].

III-2.5.3 La désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone de baignade, de pisciculture ou d'élevage de coquillages.

L'éventail des techniques de désinfection est assez large.

Un réactif désinfectant peut être ajouté aux eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel.

Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone ou le brome, voire du dioxyde de chlore.

Le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des micro-organismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé (50 à 60 jours). Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amoindrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit, pendant l'hiver ou lors de remise en suspension de sédiments à l'occasion de fortes précipitations. Des lagunes de finition peuvent par contre être installées en aval d'une station biologique classique.

Les ultraviolets (UV) sont de plus en plus utilisés, depuis quelques années, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les UV nécessitent un investissement important, mais présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection.

III.2.5.4 le traitement des odeurs : Les nuisances liées aux stations d'épuration

La dépollution des eaux usées produit des odeurs, qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains des stations d'épuration. Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement, ainsi que les installations de relevage et de prétraitement.

Le seuil de tolérance de ces nuisances olfactives est subjectif et aucune norme en matière d'émissions malodorantes n'existe. Cependant, les exploitants de stations d'épuration cherchent à limiter les odeurs dégagées par les traitements.

La conception des stations est le premier élément permettant de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage. Il faut par exemple veiller à réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées. Ainsi, les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluves nauséabonds. Leur couverture est aussi une manière d'atténuer les émissions malodorantes.

Des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place au sein des stations d'épuration. La désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage où un liquide désodorisant est pulvérisé. Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et / ou de l'eau de javel, réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs.

La désodorisation biologique consiste à faire passer l'air au travers d'un matériau poreux sur lequel on développe un biofilm, de façon analogue aux biofiltres utilisés pour le traitement de l'eau.

Pour conclure cette partie, on peut dire que la société JIRAMA travail généralement sur la croissance du taux de desservi en eau potable et l'électrification pour population dans tout Madagascar, mais surtout dans le centre-ville.

Cette recherche sur la couverture en eau potable et l'électricité de la population génère des pollutions sur l'environnement. L'utilisation des sources d'énergie à base d'hydrocarbures dans les centrales thermiques et ses processus de fonctionnement est le plus polluants.

Ainsi, le besoin urgent de contrôler cette pollution par des différents types de dépollution pour ne pas détruire l'équilibre environnementale des différents milieux récepteur aux alentours.

PARTIE B : ETUDES EXPERIMENTALES

Chapitre IV- CONCEPTION ET REALISATION DES MATERIELS ET EQUIPEMENTS

Le travail effectué dans cette partie est la conception des équipements pour le traitement physique et le traitement biologique. Pour le traitement physique, pour ce faire, on fait une adaptation d'un instrument médicale qui s'appelle perfuseur. Cet appareil possède un filtre, un limiteur de débit ou vanne d'arrêt, et des tuyaux. Par le biais de ces différents composants, on a conçu un décanteur et un filtre. Pour le traitement chimique, on s'est servi d'un sceau, du mâche fer et du purin pour fabriquer un lit bactérien.

Ces différentes méthodes consistent à réduire et éliminer petit à petit la pollution sous forme de MES, DCO, DBO les formes azotes, etc... ; et d'essayer de comprendre l'influence des conditions de fonctionnement sur les performances épuratoires de ces procédés qui pourraient alors, avantageusement remplacer les lagunes de finition qui ne fonctionnent pas correctement et nécessitent généralement des temps de séjour trop long et des espaces très important et incommodants.

IV-1 Traitements physiques

Tout d'abord, on a réalisé des appareils de décantation et de filtration par l'intermédiaire d'une adaptation d'appareil ou dispositif médicale qu'on appelle perfuseur.

IV-1.1 Conception de l'appareil de décantation

a- Matériels utilisés

- Le perfuseur (vanne et tubulure) ; illustré par la figure 5. Source : auteur



Figure 5 : Tubulure et Vanne d'arrêt

- Le pistolet à colle, colle à bougie et source de courant montré par la figure 6
(Source : auteur)

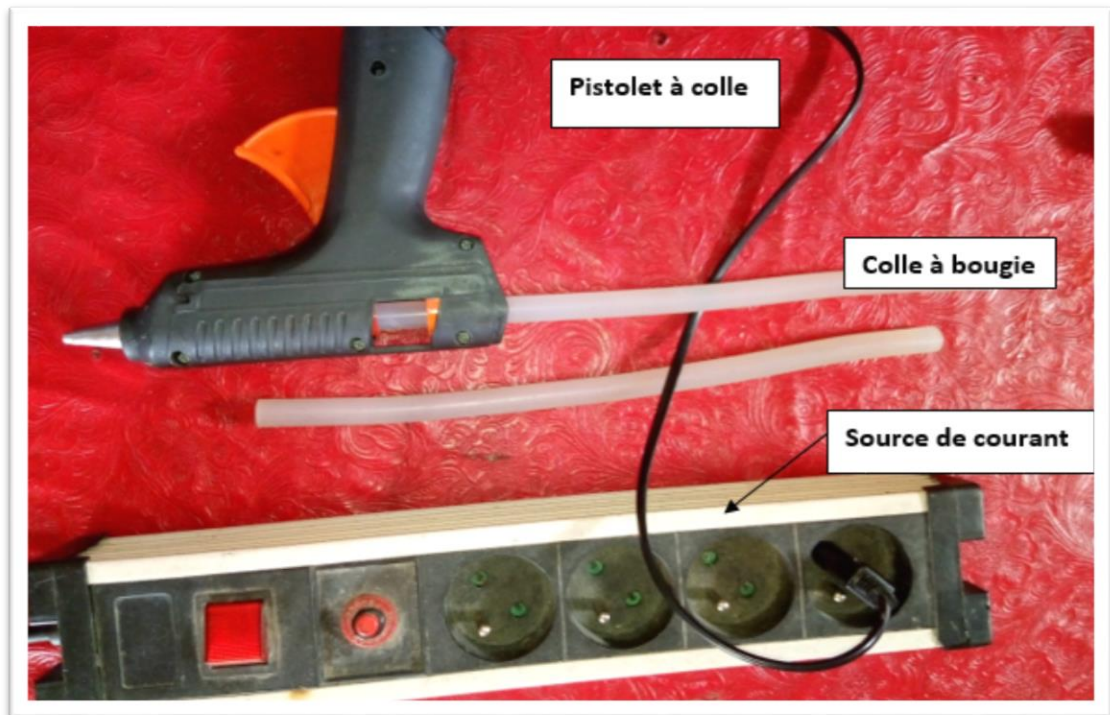


Figure 6 : Pistolet à colle/ Colle à bougie/ Source de Courant

- Le cutter ou couteau représenté par la figure 7. (Source : Auteur).

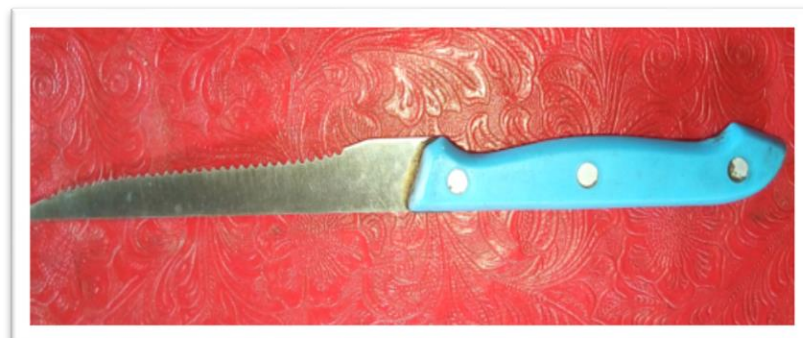


Figure 7 : Cutter ou couteau

- La bouteille d'eau illustré par la figure 8. (Source : Auteur)



Figure 8 : Bouteille

b- Mode opératoire

- Couper la partie inférieure ou la base de la bouteille Faire un trou à 3 cm de la capsule ou du récipient ; qui est représenté par la figure 9. (Source Auteur)

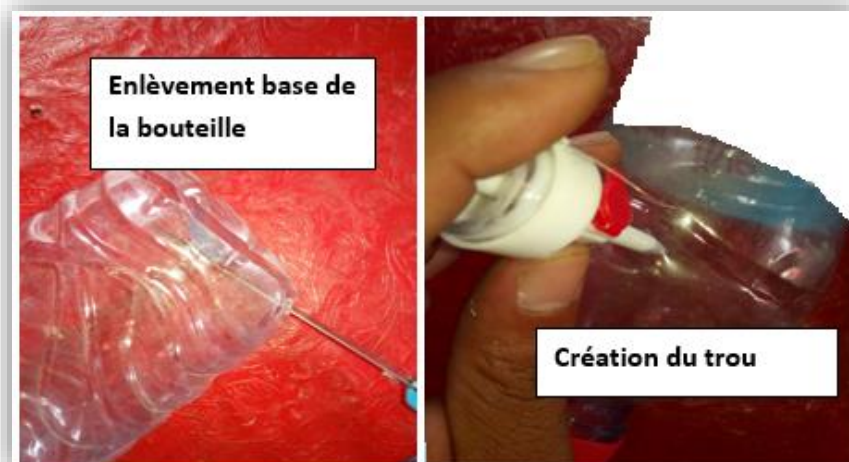


Figure 9 : Enlèvement de la base du bouteille/ Création du trou

- Couper la tubulure avec le vanne d'arrêt Insérer la tubulure dans le trou précédant (Figure 10). (Source : Auteur)

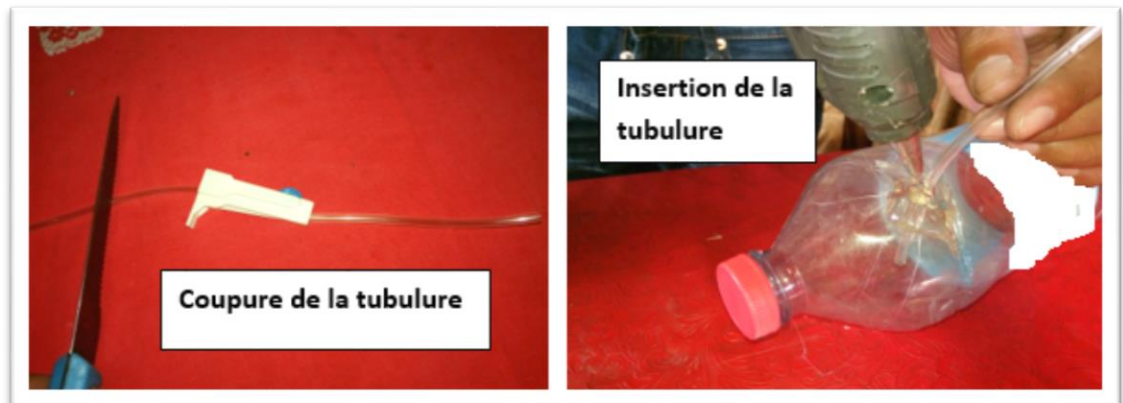


Figure 10 : Coupure et insertion de la Tubulure

- L'appareil conçu. (Figure 11) (Source : Auteur)



Figure 11 : Appareil de Décantation

VI-1.2 Conception de l'appareil de Filtration

VI-1.2.1 Conception de l'appareil de filtration

a- *Matériel utilisé :*

- Perfuseur (Vanne d'arrêt, chambre de compte-goutte avec la filtre, tubulure (Source : Auteur). Elle est représentée par la figure 12.

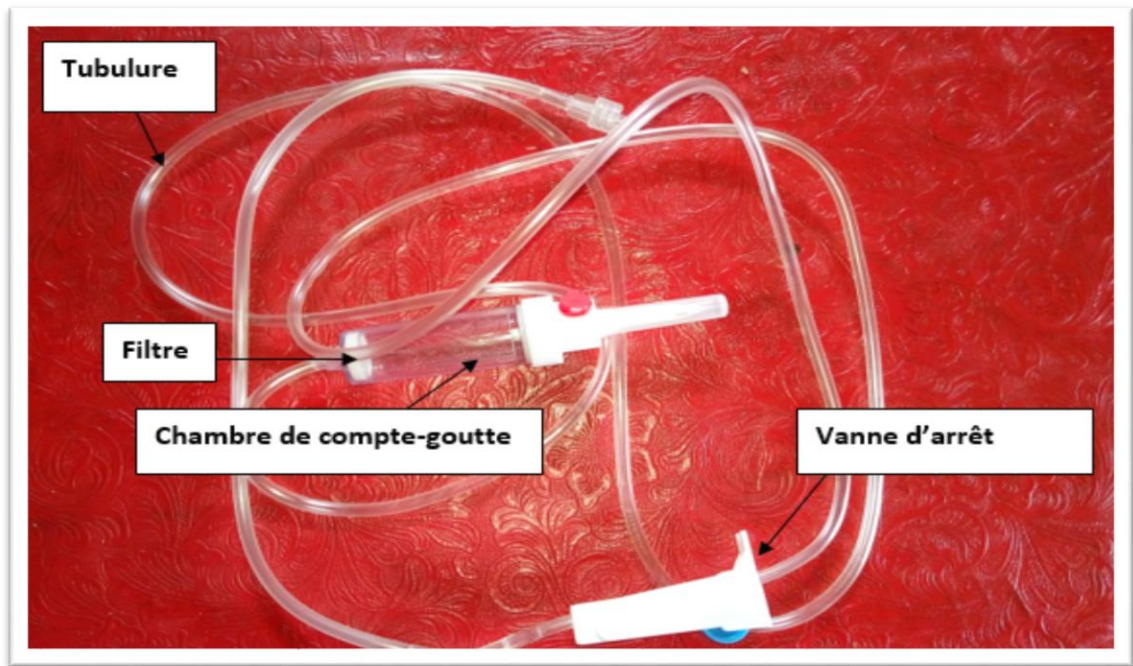


Figure 12 : Vanne d'arrêt/Filtre/Tubulure/Chambre de compte-goutte

- Pistolet à colle, colle à bougie et Source de courant (Source : Auteur). (Figure 13)

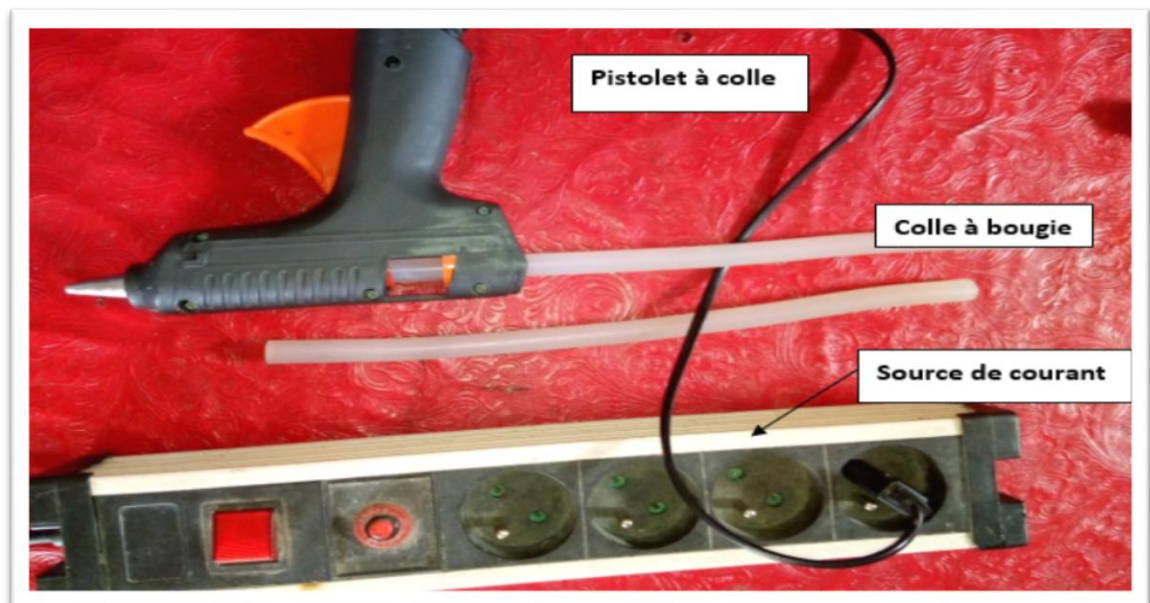


Figure 13 : Pistolet à colle/Colle à bougie/Source de courant

- Le cutter ou couteau illustré par la figure 7. (Source : Auteur).
- Bouteille d'eau montré par figure 8. (Source : Auteur)

b- Mode opératoire :

- Enlever le perforateur et protecteur de stérilité sur le premier perfuseur en coupant sur le compte-goutte.
- Enlever le perforateur et protecteur de stérilité et le filtre du deuxième perfuseur. Ce processus est illustré par la figure 16.

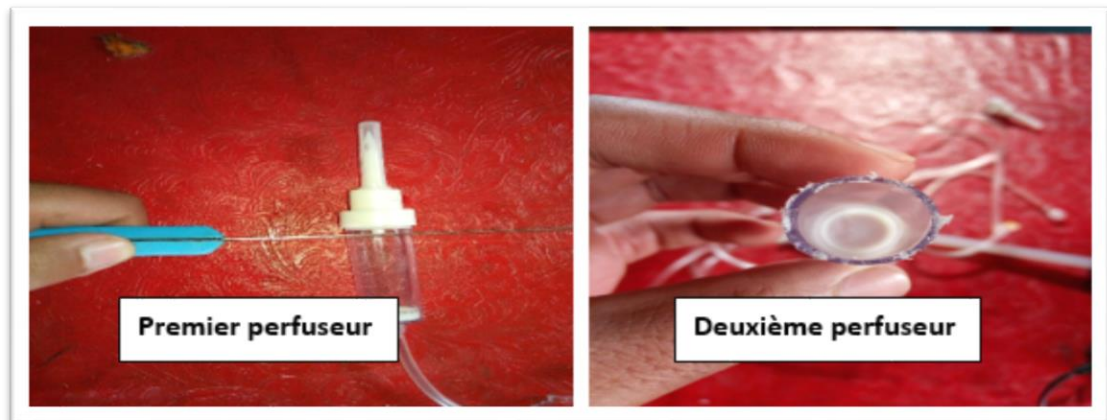


Figure 14 : Préparation de la chambre de filtration

(Source : Auteur)

- Prendre un bouchon et le trouer.
- Insérer la tubulure dans le trou et coller les alentours du trou pour éviter les fuites potentielles. Cette étape est montrée par la figure 17. (Source : Auteur)

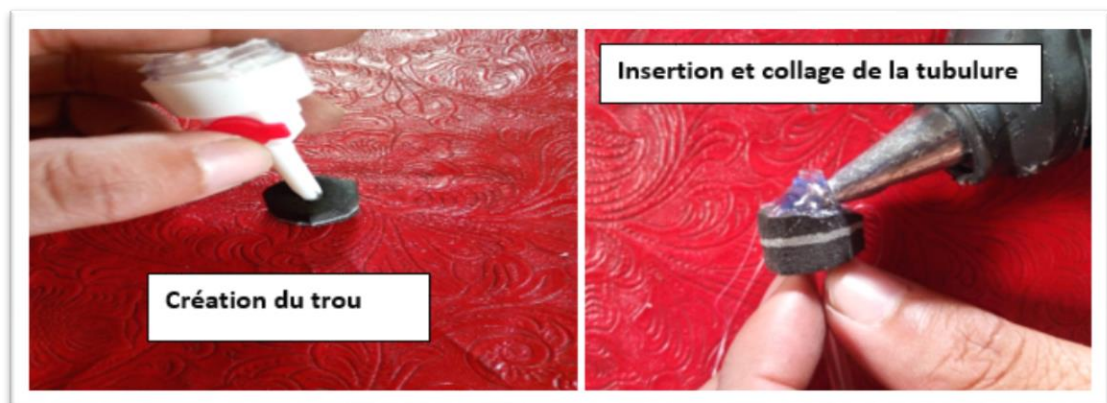


Figure 15 : Conception du trou et Bouchon

- Coller le perfuseur sans filtre ni perforateur avec le bouchon obtenu avant et Coller les deux compte-gouttes obtenus. Cette étape est évoquée par la figure 18. (Source : Auteur)



Figure 16 : Assemblage de la chambre de compte-goutte

- Couper la partie inférieure ou la base de la bouteille, recouvrir le récipient par le filtre obtenu et coller le bouchon pour qu'il n'y pas de fuite. Ceci est démontré par la figure 19. (Source : Auteur)

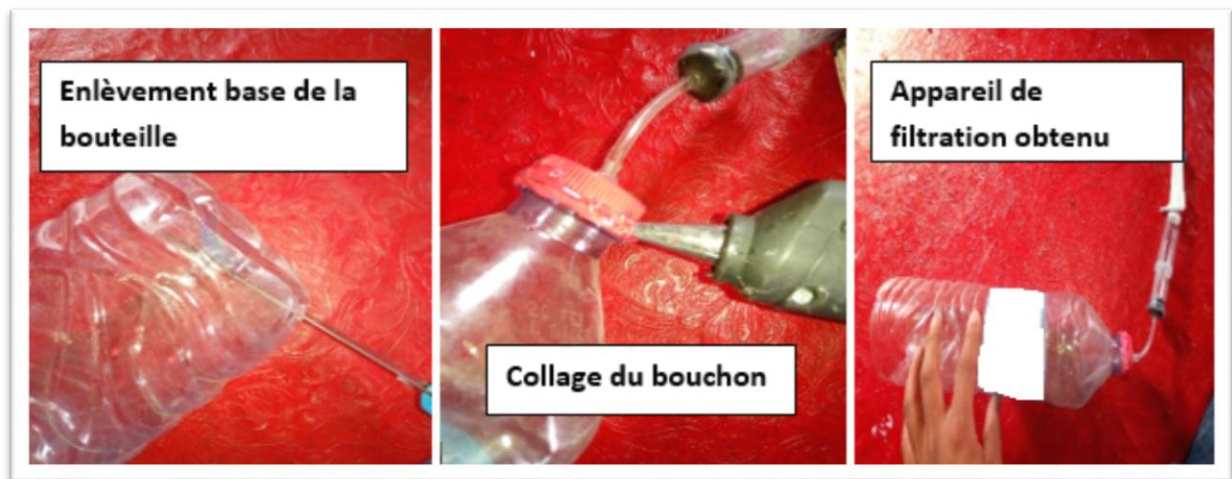


Figure 17 : Vérification du bouchon/Appareil de filtration

c- Choix des filtres

La bonne marche d'une filtration dépend du choix du filtre ; ce choix doit être fait en tenant compte d'un certain nombre de facteurs, dont les principaux sont énumérés ci-dessous :

- Le débit ;
- La concentration de la suspension ;
- Les caractéristiques physiques et chimiques du liquide : la viscosité, la toxicité, la corrosion, l'inflammabilité.

IV-2.3 Conception du lit bactérien

La réalisation et la conception du lit bactérien se passe en 3 étapes.

- Prélèvement du Purin source des bactéries

On a prélevé du purin sur une litière dans un élevage de bovin et on sépare les débris de déchet. (Figure 25)



Figure 18 : Purin non traité

(Source : Auteur)

- Choix du support des microorganismes

Se servir d'un support poreux pour l'habitat des bactéries. Dans cet essai expérimental, on a choisi la mâche fer comme support. (Figure 26)



Figure 19 : Mâche fer ou support des microbes

(Source : Auteur)

- Mise en contact du microorganisme à l'eau à traiter et temps de séjour

Mettre le purin traité dans le récipient qui contient son support et attendre 2 à 3 jours pour que la bactérie s'adapte à son nouvel environnement.

IV-3 Traitement chimique

Chaque procédé offre des avantages mais est également assorti d'inconvénients.

Quel que soit le mode de désinfection ou oxydation appliqué, seule une bonne gestion de l'ensemble de la chaîne de traitement de l'eau voire de l'établissement peut assurer l'obtention d'une eau de bonne qualité. Par exemple, aucune technique de désinfection ne palliera une filtration déficiente

Les faiblesses ou inconvénients du traitement d'oxydation peuvent être, au moins partiellement comblées soit par une optimisation des paramètres de gestion (ex. : ajustement de pH, apport d'eau fraîche) soit par l'ajout d'un système de remédiation (ex. : déchloramination) soit par l'adjonction d'un traitement complémentaire.

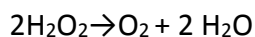
Le principe de cette méthode est d'oxyder les différentes matières organiques par l'intermédiaire des différents réactifs chimiques. Dans cette partie le choix du traitement ou des réactifs est conditionné par différents facteurs qui sont les suivants :

- La disponibilité des réactifs dans le laboratoire ;
- Les moyens matériels du laboratoire de traitement ;
- Moyen financier ;
- Le pouvoir oxydant des réactifs.

IV-3.1 Oxydation par Peroxyde d'hydrogène

IV-3.1.1 Fabrication et propriété

Le peroxyde d'hydrogène est un composé métastable. Il se décompose facilement en oxygène selon un processus exothermique [21].



La décomposition se produit sous l'effet de nombreuses substances poreuses (telles que la pierre ponce, la mousse de platine, le dioxyde de manganèse) ou de substances dissoutes (comme les ions hydroxydes et certains métaux). Elle est plus ou moins violente selon la concentration de la solution en peroxyde.

Le peroxyde d'hydrogène est disponible en solution aqueuse de 30 % à 70 % en masse. La concentration des solutions est souvent exprimée en volume correspondant au volume d'oxygène qui peut être libéré par litre de solution et mesuré dans les conditions

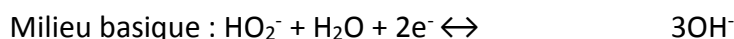
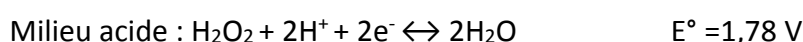
normales de température et de pression (0 °C et 101,325 kPa). La conversion du pourcentage massique en volume s'effectue selon :

$$\text{Volume} = 3,67 \times \% \text{ massique (exemple 30 \% en masse égale 110 volumes).}$$

IV-3.1.2 Réactivité

La réactivité du peroxyde d'hydrogène dans l'eau est liée à son caractère acide faible et à son pouvoir oxydant et réducteur.

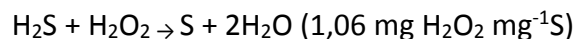
$$A_{K_a} : 2.410^{-12} \text{ à } 25^\circ \text{ C}$$



Au pH des eaux naturelles, le peroxyde d'hydrogène est présent dans l'eau sous forme moléculaire. Il est capable de réagir avec les polluants [21].

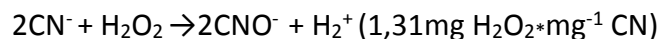
IV-3.1.3 Propriétés oxydants

Oxydation des sulfures



Les ions sulfures sont rapidement oxydés par le peroxyde pour donner principalement du soufre colloïdal. La réaction procède au mieux à pH compris entre 7 et 13 pour lequel se forme l'ion hydrogénosulfure prédominant [21].

Oxydation des cyanures



Le peroxyde d'hydrogène réagit lentement avec les cyanures. La réaction peut être accélérée en présence de cuivre ou d'hypochlorite de sodium.

Oxydation des alcènes



La réaction du peroxyde d'hydrogène avec certains alcènes a lieu dans un milieu basique

IV-3.1.4 Utilisation

- Agent de blanchiment pour la pulpe de bois, la pâte à papier, le papier recyclé.
- Agent de blanchiment pour les fibres textiles.
- Intermédiaire de synthèse et agent d'oxydation : le peroxyde d'hydrogène est utilisé dans la fabrication de nombreux produits chimiques organiques et minéraux notamment peroxydes organiques, peroxydes minéraux (principalement perborate et percarbonate de sodium), acide peracétique, plastifiants (obtenus par époxydation de composés insaturés, par exemple à partir d'huile de soja), oxydes d'amines...
- Désinfectant ou agent de blanchiment dans l'industrie pharmaceutique (produit de désinfection des lentilles de contact...), l'industrie alimentaire (désinfection des emballages et matériels) ...
- Composant de produits capillaires (coloration des cheveux, fixation de permanentes).
- Agent de traitement des eaux résiduaires, domestiques et industrielles, et de certains effluents gazeux (contrôle de la formation d'hydrogène sulfuré).
- Propulseur pour avions et fusées.
- Industrie des métaux, métallurgie, industrie électronique [21].

IV-3.2. Oxydation par Hypochlorite de sodium ou eau de Javel

En général, l'eau de Javel est obtenue par action du dichlore sur l'hydroxyde de sodium (NaOH) :



Ces deux produits sont eux-mêmes fabriqués par électrolyse d'une solution de NaCl. Cette technique peut être utilisée directement pour obtenir de petites quantités de solutions diluées.

La réaction est fortement exothermique (-103 kJ/mole) et la température ne doit pas dépasser 40°C afin de limiter la dismutation des ions hypochlorites en ions chlorates et chlorures. En conséquence, le milieu réactionnel est énergiquement refroidi [22].

IV-3.2.1 Propriétés

Eau de Javel et pH

Les solutions d'hypochlorite ont une composition dépendant du pH puisque l'ion ClO^- est une base pouvant donner l'acide hypochloreux HClO . D'autre part, au-dessous de pH 5, l'ion hypochlorite réagit avec les ions chlorures pour donner du dichlore gazeux extrêmement dangereux, qui fut le premier gaz de combat. Les équilibres chimiques sont représentés par la figure 27 suivant :

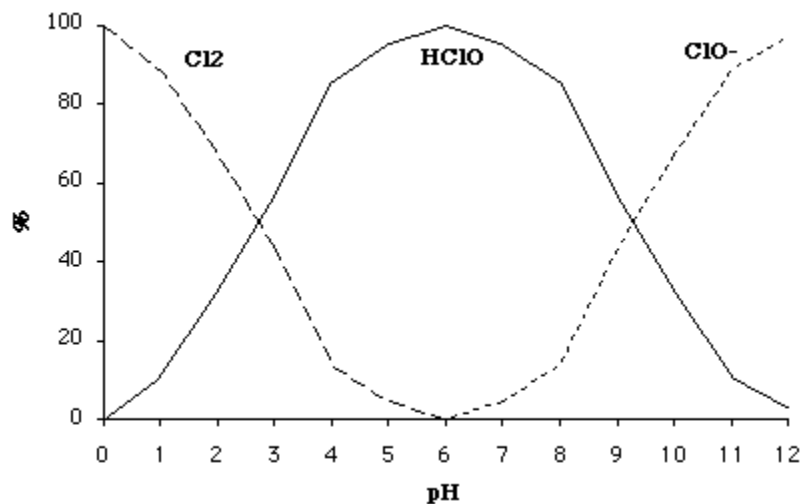
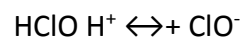


Figure 20 : Graphe représentant l'équilibre du pH

Courbe concentrations des différentes formes hypochlorite, acide hypochloreux et dichlore en fonction du pH [26].

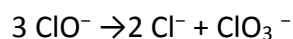


IV-3.2.2 Stabilité

À pH < 5, les équilibres ci-dessus sont déplacés vers la gauche avec libération de Cl_2 , d'où la nécessité de ne pas employer l'eau de Javel en présence de produits acides et en particulier en présence de détartrants. La réaction de l'eau de Javel avec un acide (chlorhydrique par exemple) est une méthode de préparation de Cl_2 au laboratoire.

L'ion hypochlorite se dismuté avec une élévation de température en donnant des ions chlorates selon la réaction :



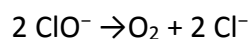
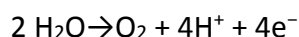


La dissolution du dioxyde de carbone de l'air (HClO a un $\text{pK}_\text{a} = 7,5$; celui de dioxyde de carbone CO_2 en solution aqueuse est de 6,4 en diminuant le pH de l'eau de Javel, peut entraîner un déplacement des équilibres chimiques dans le sens de la décomposition de l'eau de Javel. Pour cette raison, un excès d'ions OH^- (de 5 à 12 g/L exprimé en NaOH) est laissé pour neutraliser CO_2 de l'air.

En conséquence, le pH d'une eau de Javel est basique ($11,5 < \text{pH} < 12,5$).

IV-3.3.3 Propriétés oxydantes

L'ion hypochlorite, en solution dans l'eau, est fortement oxydant et il est, en particulier, susceptible d'oxyder l'eau. L'équation de réaction est la suivante :



Cette réaction est lente, c'est elle qui impose une limite de durée d'utilisation à l'eau de Javel : un an pour l'eau de javel diluée, trois mois pour les extraits. Cette décomposition peut être accélérée par divers catalyseurs tels que :

- Les ions métalliques ;
- La lumière et en particulier les rayonnements UV.

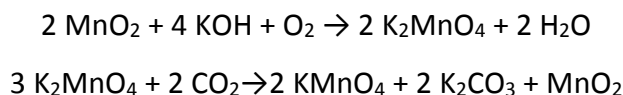
L'eau de Javel est d'autant plus oxydante que son pH est faible, mais même à $\text{pH} = 14$ son pouvoir oxydant reste élevé ($E^\circ = 0,88\text{ V}$). Elle peut ainsi oxyder de nombreux composés toxiques en composés inoffensifs tels que par exemple : SO_2 , H_2S , NH_3 , CN^- ... Son action décolorante et oxydante. [22].

V-3.4 Oxydation par permanganate de potassium :

Sous forme de cristaux en paillettes de couleur violette, soluble dans l'eau où il produit des solutions qui vont du rose au violet sombre suivant sa concentration, le permanganate de potassium est un sel de manganèse de formule KMnO_4 , de masse moléculaire 158, composé d'un cation K^+ et d'un anion permanganate $[\text{MnO}_4]^-$ où le manganèse est à son plus haut degré d'oxydation, +7. [23,24].

IV-3.4.1 Fabrication

Dans le procédé électrolytique, les ions $[\text{MnO}_4]^{2-}$ sont oxydés en ions $[\text{MnO}_4]^-$ à une anode d'acier recouverte de nickel. Après refroidissement de l'électrolyte on récupère le permanganate de potassium par cristallisation. [24]

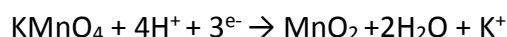


La production mondiale est de l'ordre de 50 000 t/an, la Chine, bien sûr, étant la première exportatrice selon la société chimique de France. [23,24]

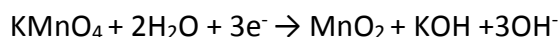
IV-3.4.2 Propriétés et Réaction

Ce composé est d'autant plus soluble dans l'eau que la température est élevée. Dans le domaine du traitement d'eaux, il donne lieu à deux réactions principales selon le pH du milieu.

En milieu acide



En milieu alcalin



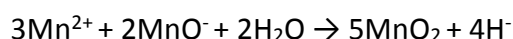
La réactivité du permanganate vis-à-vis des polluants contenus dans les eaux dépend fortement du pH. Il est en pratique recommandé de travailler entre pH 6 et 8,5. Dans ces conditions, les polluants inorganiques affectés par le permanganate sont essentiellement le fer et le manganèse dissout. [25]

L'oxydation des sulfures et des cyanures est également possible. En revanche, l'azote ammoniacal n'est quasiment pas transformé de même que les ions bromures.

Précipitation du fer



Précipitation du manganèse



L'oxydation des composés organiques par le permanganate fait intervenir des mécanismes complexes. L'ordre de réactivité s'établit comme suit :

- Les composés soufrés, les amines primaires et les aldéhydes réagissent rapidement ;

- Les cétones et les composés aromatiques sont lentement convertis.

L'utilisation de permanganate ne donne pas lieu à la formation de trihalométhanes.

Enfin, il est reconnu que l'action du permanganate n'est pas suffisante pour la désinfection complète des eaux potables. Une post-désinfection est alors nécessaire [25,26]

En conclusion, il existe différents moyens matériels pour réaliser un traitement d'eau. Le perfuseur est l'un des matériels qui possède en un seul instrument la possibilité de faire à la fois une filtration et décantation.

La conception du lit bactérien est aussi facile à mettre en œuvre car les sources de bactéries sont faciles à trouver, tout comme leur support.

Pour la conception des appareils sur le traitement chimique, les appareils sont déjà au laboratoire du CNRIT, les réactifs ont été déjà fabriqués et fournis par le laboratoire de l'ESPA Vontovorona.

Chapitre V-PROCEDE ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT

Voici la figure 28 qui résume l'étape de traitement de l'eau et le travail qu'on a effectué dans cette partie.

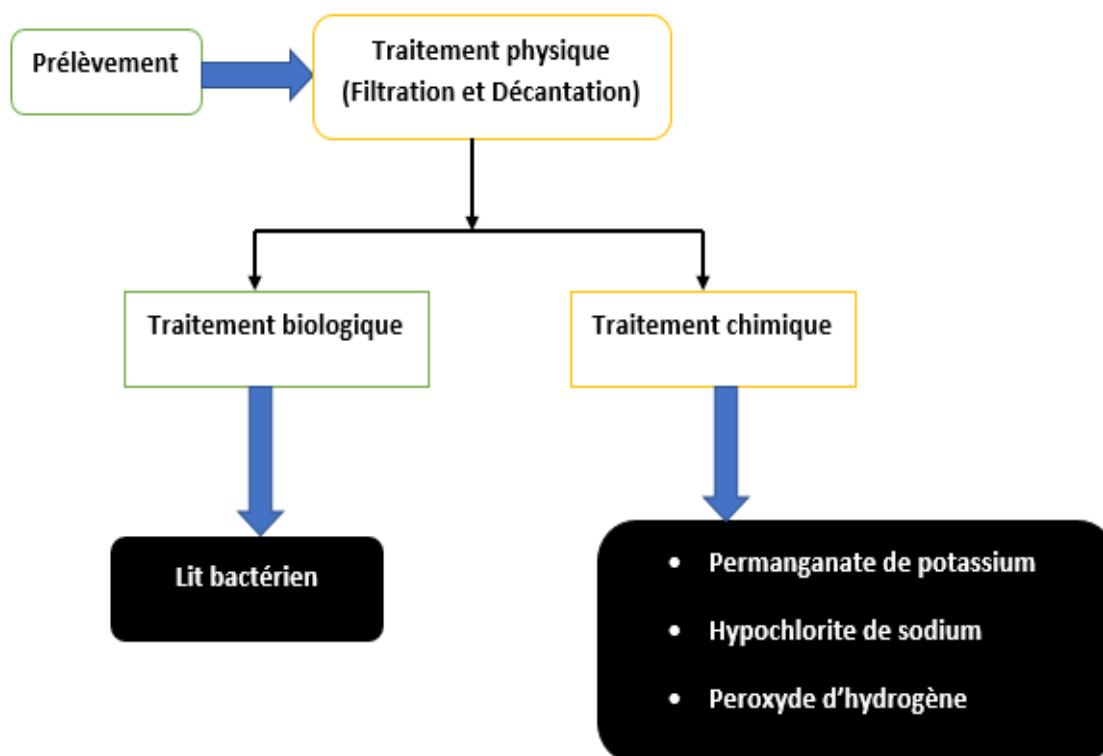


Figure 21: Procédé de traitement de l'eau usée

V-1 Méthodologie de prélèvement des eaux usées

V-1.1 Précaution de prélèvement

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur et de permettre le maintien de l'intégrité des échantillons. Les échantillons peuvent être contaminés par un manque de soins dans l'application des techniques d'échantillonnage. Ainsi, il incombe au préleveur ou au responsable d'un bassin de s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons avant qu'ils ne soient soumis à un laboratoire accrédité. Il est également de la responsabilité du préleveur ou du responsable d'un

bassin de s'assurer de la représentativité de l'échantillon lorsque des analyses sur place sont effectuées.

V-1.2 Précautions particulières

Afin d'éviter la contamination des échantillons, il faut prendre les précautions suivantes :

- Respecter scrupuleusement l'ensemble des instructions fournies par le fabricant des différentes trousse de mesure chimiques utilisées sur le site d'échantillonnage (*in situ*) ;
- Toujours utiliser des contenants exempts de contaminants et effectuer de préférence la préparation des récipients et du matériel d'évaluation aux sites d'échantillonnage ;
- Enregistrer adéquatement les échantillons prélevés à l'aide des formulaires appropriés ;
- Toujours utiliser des appareils ou des instruments étalonnés à une fréquence déterminée (thermomètres et pH-mètre) ;
- Les réactifs utilisés pour les mesures doivent être maintenus dans un endroit propre, sec, aéré et à l'abri de la lumière, et ce, jusqu'à ce qu'ils soient utilisés ;
- Toujours effectuer les mesures avec les réactifs dans un endroit approprié. Éviter l'exposition prolongée des réactifs au soleil ;
- Refermer correctement les flacons de réactifs après usage ;
- Ne jamais mettre les doigts humides sur les flacons de réactifs, car cela pourrait fausser les résultats ;
- Vérifier la date d'expiration des produits ; au-delà de la date indiquée, vous ne pouvez pas être assurés d'obtenir des résultats fiables ;
- Jeter les produits périmés en respectant la réglementation en vigueur.

V-1.3 Méthode de prélèvement

- Tout d'abord, il faut se munir des matériels de puisard et des moyens d'exhaure de l'eau. Dans notre cas on a juste besoin d'un récipient en plastique propre, transparent de préférence, et propre ; étant donné que le prélèvement s'effectue sur la vanne

d'évacuation numéro de 2 de la centrale thermique Symbion Power Mandrozeza.

On a juste besoin du récipient.

- Les échantillons destinés à l'analyse chimique doivent être prélevés pendant les heures normales d'exploitation. Et la société qui gère le traitement de l'eau effectue l'échantillonnage de l'eau tous les trois jours.
- Il faut également effectuer le prélèvement entre la sortie de chaque système de traitement.
- Il faut rincer les matériels d'échantillonnage avec l'échantillon avant de les remplir et d'ajuster le niveau de liquide. Il faut ensuite les essuyer avec un tissu propre et doux avant d'effectuer les comparaisons de couleur pour que les parois externes soient propres et sèches. Les cellules doivent toujours être remplies au niveau demandé pour éviter des écarts dans les mesures.

De plus, il est essentiel de respecter rigoureusement l'ensemble des instructions fournies par le fabricant des différentes trousse de mesures chimiques utilisées. Il est aussi primordial que la personne qui effectue les prélèvements ait les mains très propres pour éviter toute contamination subséquente (par la sueur, par des résidus de produits chimiques, etc.) au cours des manipulations.

V-2 Méthodologie pour le traitement physique

V- 2.1 Méthodologie pour la décantation

- Utiliser une bouteille comme un récipient ;
- Inverser le récipient ;
- Fixer le tout sur un support ;
- Laisser se reposer quelques minutes pour que les polluants se décantent ;
- Arrêter l'expérimentation quand le niveau d'huile se rapproche du trou d'évacuation des eaux. Cette étape est représentée par la figure 27

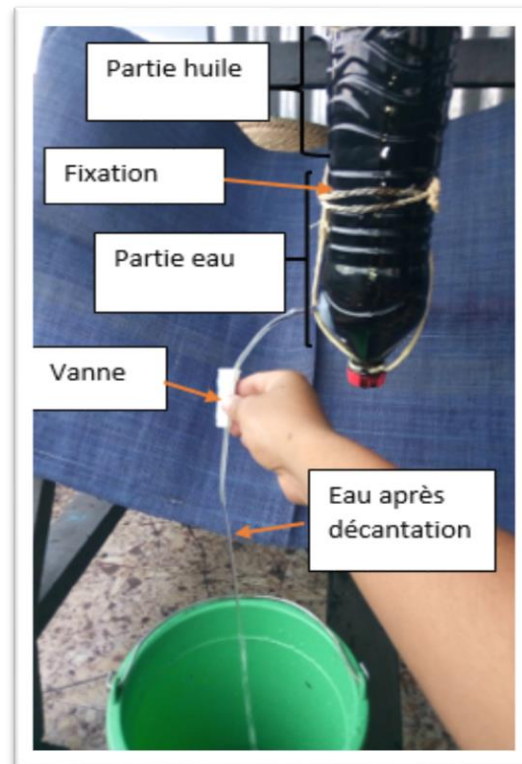


Figure 22 : Essai de traitement d'eau par décantation

(Source : auteur)

V-2.2 Méthodologie pour la filtration

- Verser l'eau à traiter dans le récipient de filtration
- Laisser se reposer
- Ouvrir la vanne selon le débit souhaité
- L'eau s'écoule dans la tubulure par système gravitaire et les résidus sont retenus par le filtrant. (Figure 29).

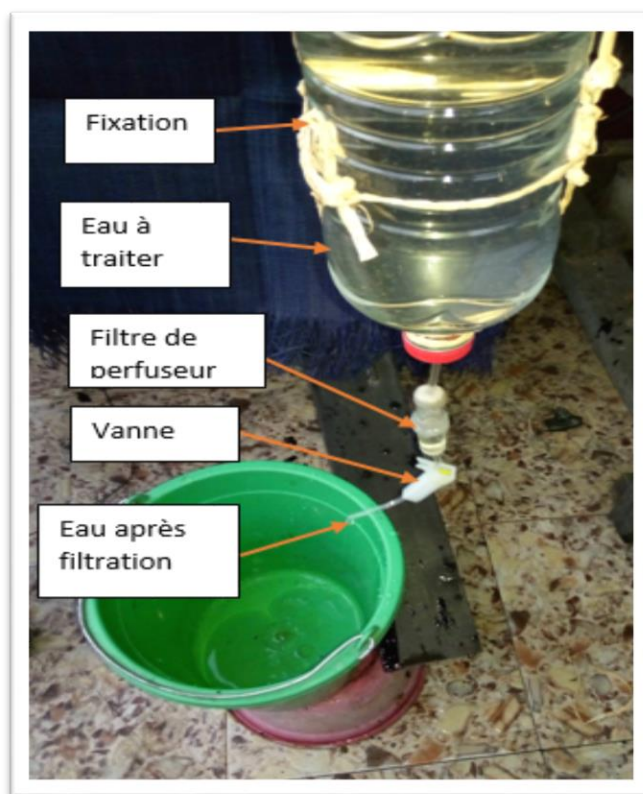


Figure 23 : Essai de traitement d'eau par filtration

(Source : auteur)

V- 3 Méthodologie chimique

Pour le traitement chimique, voici les caractéristiques des réactifs utilisés

V-3.1 Réactifs et produits utilisés

Caractéristiques des réactifs utilisés :

➤ Potassium permanganate

Formule moléculaire :	$\text{KMnO}_4 = 158,03 \text{ g/mol}$
Forme :	Cristal
Couleur :	Violet foncé
Odeur :	Inodore
Point de fusion	240°C (décomposition)
Température d'ébullition	Non applicable (Se décompose)
Densité (g/ml)	2,70
Densité apparente :	$\sim 1,3 - 1,6 \text{ g/ml}$
Pression de vapeur	$< 0,01 \text{ hPa}$ (20°C)
Solubilité dans eau	64 g/l (20°C)

pH	7-9 (20g/l H ₂ O)
Point d'éclair	Non applicable
Flammabilité:	Pas combustible.

➤ Eau de Javel ou Hypochlorite de Sodium

Formule moléculaire :	NaClO
Forme	liquide, poudre blanche
Couleur	jaunâtre
Masse molaire	51,452g/mol
Pourcentage de chlore actif :	2,6 %
Densité :	1,035 ± 0, 01
Chlore actif :	26,9 g / l ± 0,1
Alcalinité libre :	inférieure à 1 % exprimée en soude libre
Teneur en carbonate de sodium	20g/l
Titre chlorométrique	47
Teneur en hydroxyde de sodium	12g/l

➤ Peroxyde d'hydrogène

Formule moléculaire	H ₂ O ₂
Forme	liquide incolore
Densité à 0°C	1,4463
Température de fusion	-0,43 °C
Température d'ébullition	152°C
Masse volumique	1,114 g.cm ³
Solubilité dans l'eau	miscible

V-3.2 Oxydation par le peroxyde d'hydrogène

- Verser l'eau à traiter dans bécher de 500ml ;
- Brancher l'agitateur ;
- Poser le bécher rempli d'eau huileuse sur l'agitateur muni d'un barrois pour bien mélanger la solution ;

- Pomper le réactif par l'intermédiaire d'une seringue pour ne pas déstabiliser le peroxyde d'hydrogène ;
- Verser le réactif dans le bécher ;
- Démarrer l'agitateur, attendre la stabilisation de l'appareil et chronométrer le temps de réaction. Toute l'étape est résumée par la figure 30.



Figure 24 : Schéma du procédé d'oxydation par peroxyde d'hydrogène

(Source : auteur)

V-3.3 Oxydation par hypochlorite de sodium

- Peser le réactif ;
- Verser l'eau à traiter dans bécher de 500ml ;
- Brancher l'agitateur ;
- Poser le bécher remplie d'eau huileuse sur l'agitateur muni d'un barrois pour bien mélanger la solution ;
- Verser le réactif dans le bécher ;
- Démarrer l'agitateur, attendre la stabilisation de l'appareil et chronométrer le temps de réaction.

Toute l'étape est illustrée par la figure 31

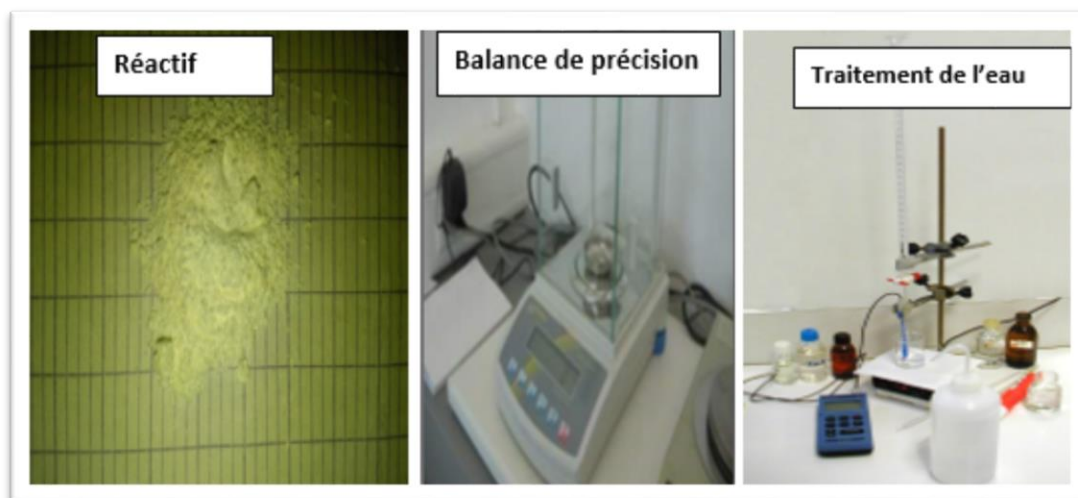


Figure 25 : Schéma du procédé par hypochlorite de sodium

(Source : auteur)

V-3.4 Oxydation par permanganate de potassium

- Verser l'eau à traiter dans bécher de 500ml ;
- Brancher l'agitateur ;
- Poser le bécher remplie d'eau huileuse sur l'agitateur muni d'un barrois pour bien mélanger la solution ;
- Peser le réactif avec une balance de précision ;
- Verser le réactif dans le bécher ;
- Démarrer l'agitateur, attendre la stabilisation de l'appareil et chronométrer le temps de réaction.

Tout ceci est représenté par la figure 32.

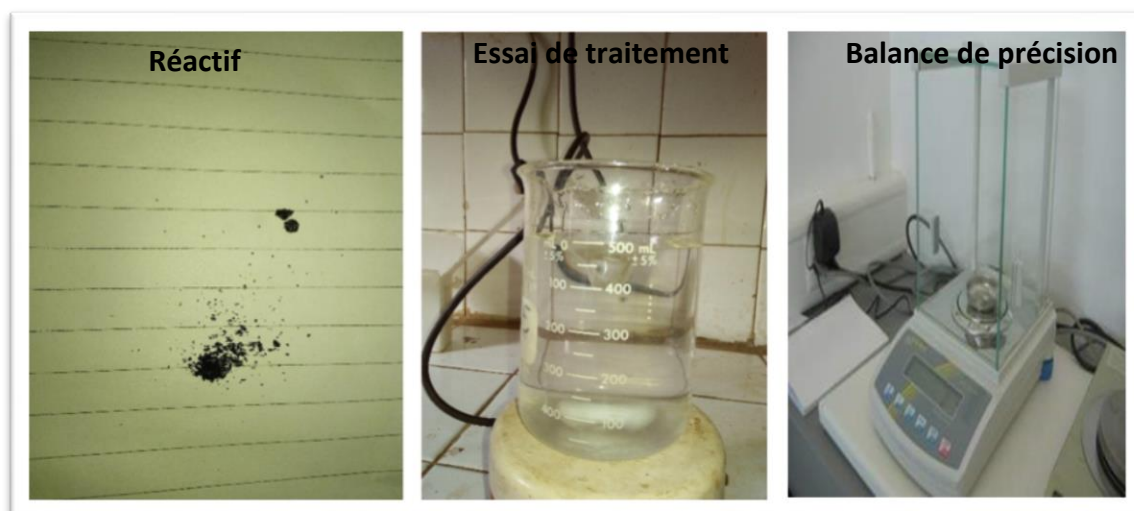


Figure 26 : Procédé d'oxydation par permanganate de potassium

(Source : Auteur)

V-4 Méthodologie pour le traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation.

Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser systématiquement cette microflore ou microfaune dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des eaux résiduaires.

L'élimination de la pollution organique sous forme finement colloïdale ou en solution, est essentiellement le fait de procédés d'épuration biologiques. Dans l'état actuel de nos connaissances, la voie biologique constitue, en raison de son efficacité et de sa rusticité, le mode le plus utilisé d'épuration secondaire des eaux résiduaires urbaines et de certaines eaux usées industrielles.

Son principe est de provoquer en présence ou non d'oxygène une prolifération plus ou moins contrôlée de micro-organismes capables de dégrader les matières organiques apportées par l'effluent. Il s'agit en fait d'un véritable transfert d'une forme non accessible de la pollution (matières colloïdales et dissoutes) en une forme manipulable (suspension de microorganismes).

Ainsi sur la base de ce rapport, on peut établir le classement suivant :

- $DCO/DBO_5 < 1,66$: eaux résiduaires susceptibles d'être facilement traitées biologiquement.
- $1,66 < DCO/DBO_5 < 2,5$: eaux résiduaires susceptibles de subir un traitement biologique.
- $2,5 < DCO/DBO_5 < 5$: eaux résiduaires non susceptibles de subir un traitement biologique ou nécessitant une acclimatation préalable des micro-organismes impliqués. [27]

V-4.1 Epuration par culture fixée

V-4.3.1 Principe

Dans ce genre de procédé, les microorganismes sont fixés sur un support inerte et forment le BIOFILM. Ces procédés sont sensés reproduire en réacteur l'effet épurateur du sol.

On distingue généralement :

- les Lits bactériens,
- les Biodisques,
- les Lits fixes noyés,
- les Lits fluidisés.

Les bactéries contenues dans l'effluent se fixent peu à peu à un support pour former un film biologique aéré de 1 mm [28].

V-4.3.2 Croissance des micro-organismes en culture pure

Dans un fermenteur, on procède à l'ensemencement d'une certaine quantité de milieu de culture. Ainsi on peut suivre le développement des microorganismes présents jusqu'à épuisement du substrat principal. Cette culture discontinue est appelée croissance en "batch". Dans ce cas, on observe les phases successives suivantes [28].

a- Phase d'adaptation

La phase d'adaptation ou de latence AB sépare le moment d'inoculation du moment où la croissance devient perceptible. Cette durée d'adaptation dépend :

- du type de micro-organismes ;
- du nombre de germes inoculés ;
- de l'état physiologique de ces germes ;
- de la température du milieu de culture ;

- des différences de compositions et concentrations entre l'ancien et le nouveau milieu de culture ;
- s'il s'agit d'algues, de l'intensité lumineuse et de la longueur d'onde des radiations éclairant le fermenteur.

b - Phase de croissance

Après une courte période de démarrage BC, d'allure très variable, on constate que $\log X$ (X étant la teneur en biomasse) varie linéairement en fonction du temps. Cette phase de croissance à vitesse constante est appelée phase de croissance exponentielle. La vitesse observée est égale à la vitesse de synthèse, le phénomène de respiration endogène étant négligeable. Les besoins en oxygène des cellules durant cette phase sont assez variables selon les espèces [27,28].

d- Phase de ralentissement

Cette phase "DE" est dite phase de ralentissement et correspond à une perturbation du milieu de culture par la croissance exponentielle des micro-organismes. Le passage en phase de ralentissement correspond à une diminution de la concentration du substrat et de la vitesse de croissance [27,28].

e- Phase de stabilisation

La phase de ralentissement se termine toujours par une inactivation totale de la culture dont le nombre d'individus n'augmente plus et on atteint ainsi la phase de stabilisation. Au cours de cette phase, il n'y a plus de substrat et le taux de croissance est nul. [28]

f- Phase de respiration endogène

La stabilisation de la culture conduit rapidement au décès des micro-organismes et s'accompagne d'une lyse des cellules libérant des produits divers. Durant cette période, les besoins en oxygène sont limités aux besoins respiratoires d'entretien des cellules ; c'est une phase de décroissance dite phase de respiration endogène.

En réalité, le phénomène de croissance bactérienne est plus complexe car, dans le cas d'une eau usée, le substrat est complexe et l'ensemencement sauvage (plusieurs souches) [29].

Voici le figure 24 qui résume ces différentes phases.

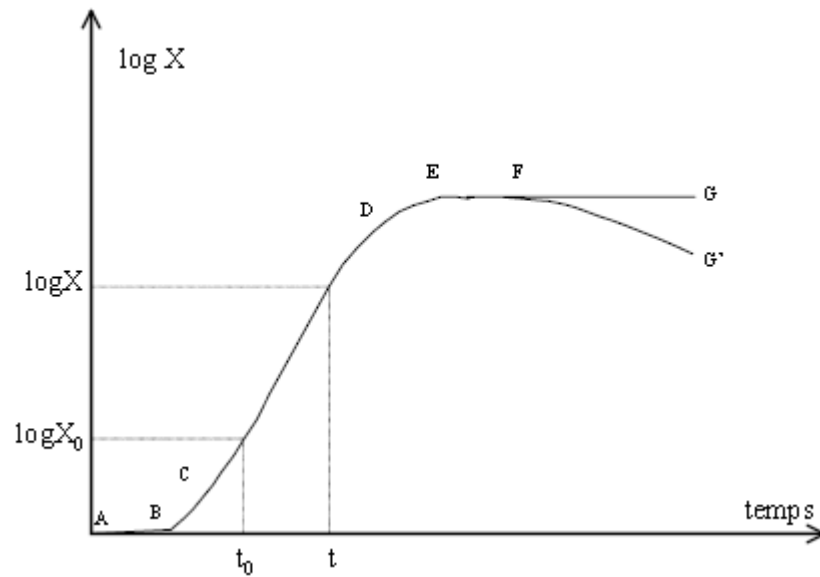


Figure 27 : Courbe de croissance microbienne

Source : DHAOUADI Hatem Les procédés biologiques d'épuration Université Virtuelle de Tunis 2008

Verser l'eau huileuses dans le récipient

Couvrir le récipient un sachet et attendre le temps de réaction et le mettre dans un endroit hors de portée du soleil. Cette étape est représentée par la figure 30.



Figure 28 : Mâche fer / Purin / Versement d'eau huileuse

(Source : Auteur)

On se base sur le principe que les bactéries qui ne se nourrissent pas des matières organiques contenu dans l'eau mourront

- Filtration

Faire une dernière filtration pour éliminer les boues.

Pour conclure, pour le traitement physique, l'opération permet de voir à vue d'œil l'abattement des matières en suspensions car la couleur de l'eau passe de noir à incolore avec quelques films d'huile qui se dépose à la surface de l'eau traitée.

Pour le traitement biologique, c'est le temps pendant laquelle les souches des bactéries hydrocarbonoclastes oxydent les substrats qui compte.

Les traitements chimiques ont été réalisés au sein du laboratoire du CNRIT. Ils ont été assez complexes à réaliser surtout pour l'oxydation au peroxyde d'hydrogène à cause de sa condition de stabilité. Mais par contre le temps de traitement est court par rapport aux traitements physique et biologique.

Chapitre VI- INTERPRETATION DES RESULTAT ET DISCUSSION

Le présent chapitre est totalement consacré aux analyses des résultats et du procédé de traitement des eaux huileuses.

VI-1 interprétation des résultats

Tout d'abord, les analyses de l'eau sont incomplètes. En effet, les paramètres indicatifs de la teneur en hydrocarbure direct dans les eaux ne sont pas disponibles à cause des différents moyens matériels. Ainsi, pour pouvoir quantifier la teneur en hydrocarbures des eaux huileuses, on se réfère avec les paramètres suivants :

- Les matières organiques
- La DBO
- La DCO

Or, pendant toute l'étude de chaque traitement la DBO ne change pas après le traitement physique. Et aussi, étant donné que les matériels d'analyse de l'eau au sein de la société est destiné essentiellement pour l'analyse de l'eau de consommation, on a pas pu effectuer l'analyse de l'eau usée qui n'a pas encore subit des traitements.

Mais, la DCO et les matières organiques sont déjà des paramètres indicateurs essentielles et surtout représentatives de la teneur en hydrocarbures de l'eau. On a donc pris ces deux paramètres pour pouvoir interpréter l'élimination des hydrocarbures dans les eaux étudiées.

VI-1.1 comparaison Eaux Usées-Traitement Physique-Normes

Le Figure 31 suivant représente cette comparaison.

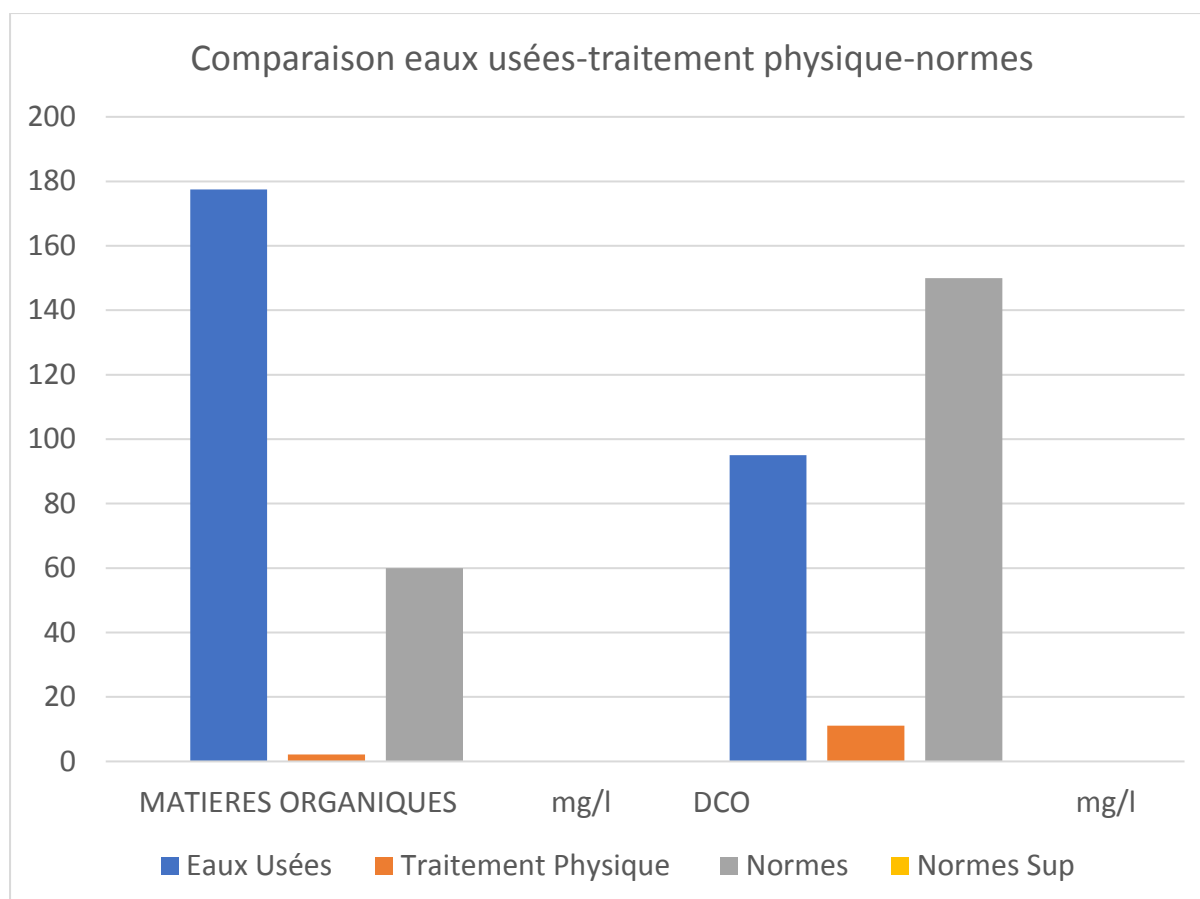


Figure 29 : Représentation Eau Usées/Traitement Physique/Normes

Le tableau 5 illustre cette comparaison

Tableau 5: Comparaison Eau Usées/Traitement Physique/Normes

Caractéristiques étudiées	Eaux Usées	Traitement Physique	Normes	Normes Sup	Rendement %
Matières organiques mg/l	177,5	2,2	60		98,77
DCO mg/l	95	11,1	150		88,31
					93,55

Ce graphique représente la comparaison de la qualité de l'eau usée issue de la centrale, le traitement physique, qui est le décantation et filtration et par rapport aux normes des eaux de rejet industrielles à Madagascar. L'eau usée brute est représentée en bleu, le traitement physique en orange les normes inférieures en gris et normes supérieures en jaune.

Les paramètres dépassent les normes mais après le traitement physique, ils baissent considérablement. D'où le rendement de 93,55 %.

Etant donné que les eaux brutes sont non analysables, les données de DCO et matières organiques ici sont issues de la centrale thermique HBK mentionné dans l'annexe.

Le rendement de la filière eau qui traduit la réduction de la concentration en micro-polluants entre l'entrée et la sortie d'une station, ou d'une étape du traitement.

$$R = [(E_0 - E_1) / E_0] 100$$

Avec : R : rendement de traitement

E_0 : La valeur de chaque paramètre de pollution avant traitement

E_1 : La valeur de chaque paramètre de pollution après traitement

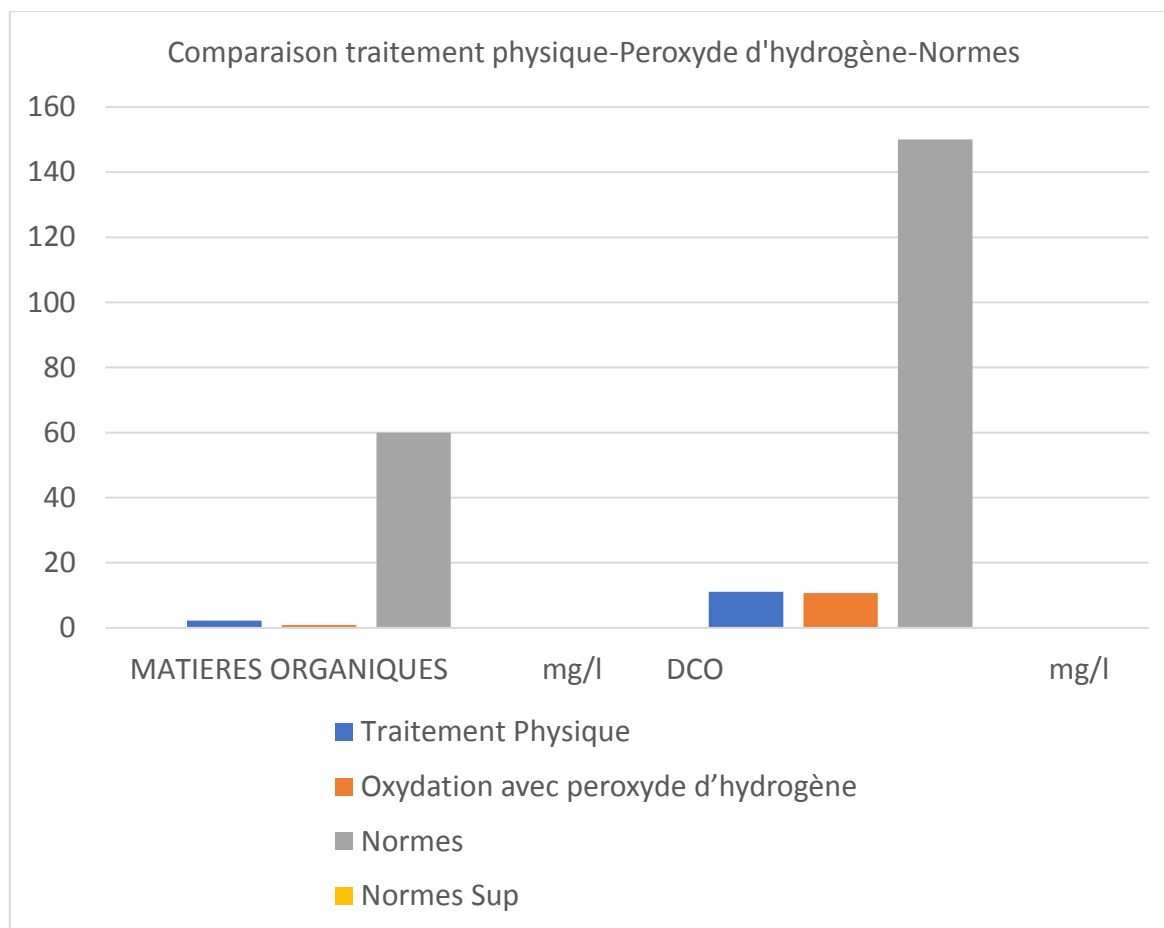
L'aspect générale de l'eau est illustré par la figure 32 suivante :



Figure 30: Aspect de l'eau après le traitement physique

VI-1.2 Comparaison Traitement Physique-H₂O₂-Normes

La figure 33 suivant illustre cette comparaison.

Figure 31 : Représentation Traitement Physique/Traitement par H₂O₂/Normes

Cette comparaison est représentée par le tableau 6 suivant :

Tableau 6: Comparaison du traitement Physique / Oxydation avec peroxyde d'hydrogène / Normes

Caractéristiques étudiés	Traitement Physique	Oxydation avec peroxyde d'hydrogène	Normes	Normes Sup	Rendement %
Matières organiques mg/l	2,2	0,9	60		59,10
DCO mg/l	11,1	10,7	150		3,61
					31,36

Le graphe suivant représente la comparaison entre le peroxyde d'hydrogène et le traitement physique par rapport aux normes instaurés par l'Etat Malagasy.

Le traitement physique est en bleu l'oxydation avec le peroxyde d'hydrogène en orange les normes inférieures en gris et normes supérieur en jaune. Les deux paramètres

étudiés baissent de valeur après l'oxydation avec le peroxyde d'hydrogène. Il y a élimination du teneur en hydrocarbure jusqu'à 31,36%. Ce rendement s'explique par :

$$R = [(E_0 - E_1) / E_0] 100$$

Avec : R : rendement de traitement

E_0 : La valeur de chaque paramètre de pollution avant traitement

E_1 : La valeur de chaque paramètre de pollution après traitement

L'aspect de l'eau ne change plus généralement est illustré par le figure 34 suivante.

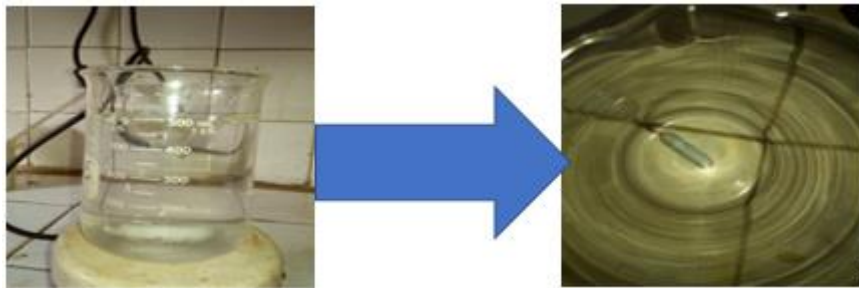


Figure 32 : Aspect générale de l'eau après traitement par peroxyde d'hydrogène

VI- 1.3 Comparaison Traitement Physique- NaClO -Normes

La figure 35 illustre la comparaison entre le traitement physique, le traitement par hypochlorite de sodium et les normes.

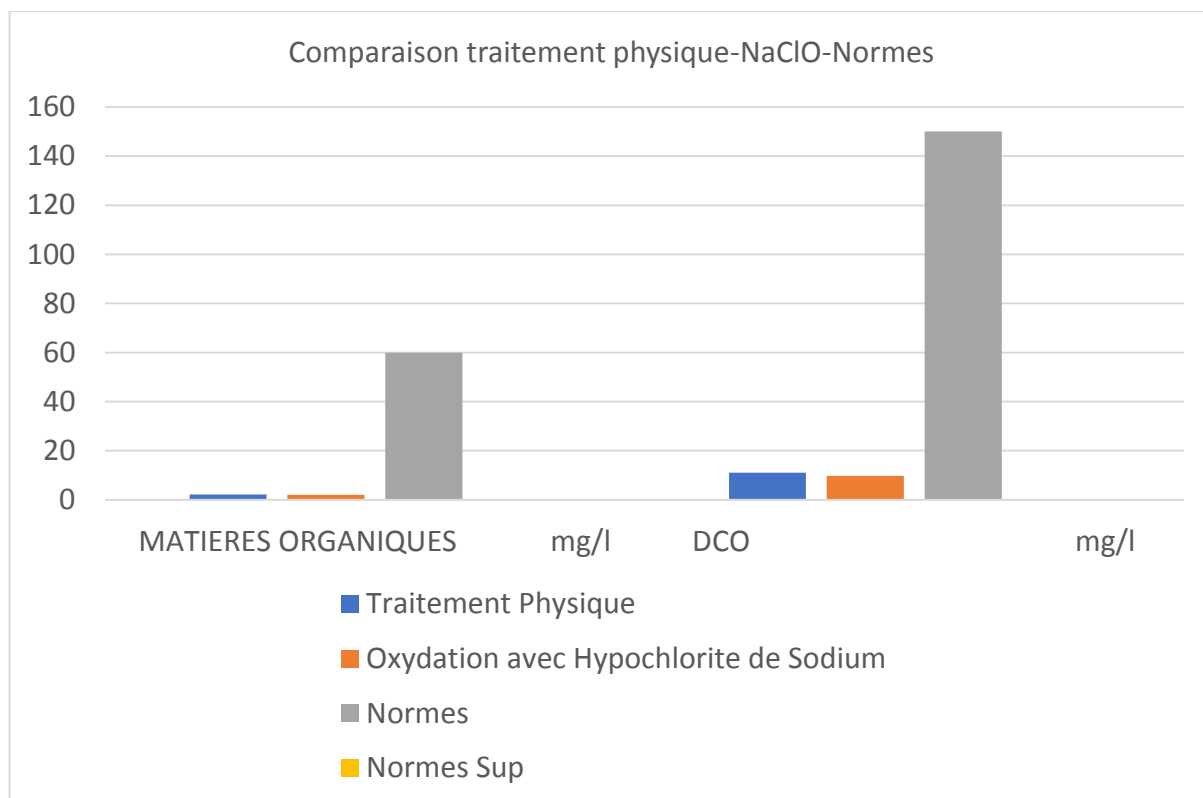


Figure 33 : Comparaison traitement physique-NaClO-Normes

Le tableau 7 suivant représente aussi cette comparaison.

Tableau 7 : Comparaison traitement physique-NaClO-Normes

Caractéristiques étudiées	Traitement Physique	Oxydation avec Hypochlorite de Sodium	Normes	Normes Sup	Rendement %
Matières organiques mg/l	2,2	2	60		9,10
DCO mg/l	11,1	9,8	150		11,72
					10,41

Ce graphe et tableau représentent en même temps la comparaison entre Oxydation avec peroxyde d'hydrogène et le traitement physique de l'eau huileuse par rapport aux normes en vigueur instaurés par l'Etat Malagasy.

Le traitement physique est représenté en bleu, le traitement par hypochlorite en de sodium en orange, les normes inférieures en gris et les normes supérieurs en jaune.

L'élimination de la teneur en hydrocarbure est de 10,41%. On obtient ce rendement par :

$$R = [(E_0 - E_1) / E_0] 100$$

Avec : R : rendement de traitement de l'ensemble des paramètres de pollution considéré ici.

E_0 : La valeur de chaque paramètre de pollution avant traitement

E_1 : La valeur de chaque paramètre de pollution après traitement

VI- 1.4 Comparaison Traitement Physique-KMnO₄-Normes

La figure 36 suivant illustre cette comparaison entre ces différentes modes de traitement.

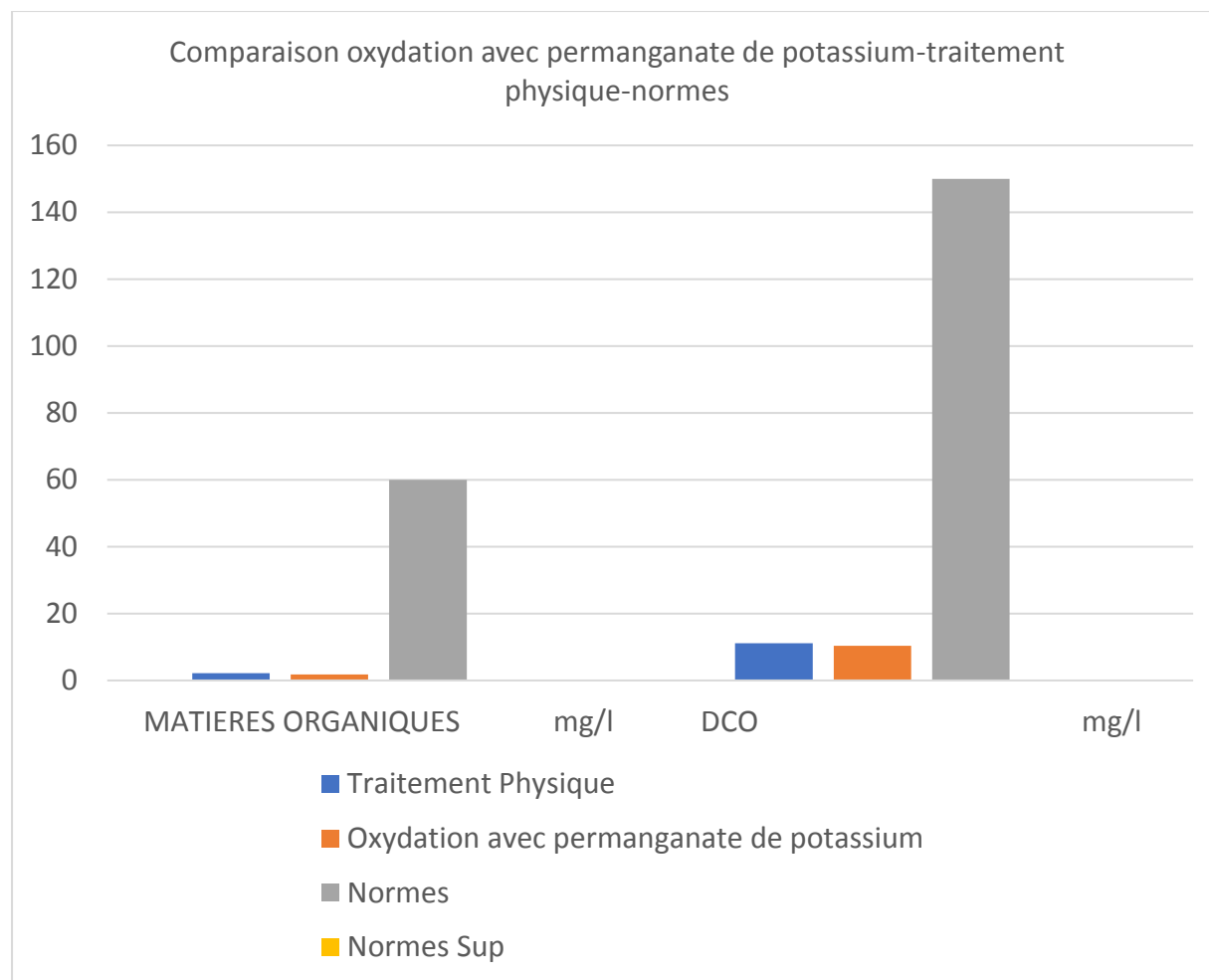


Figure 34 : Représentation Traitement Physique/Oxydation par KMnO_4 /Normes

Le tableau 8 illustre aussi cette comparaison.

Tableau 8: Représentation Traitement Physique/Oxydation par KMnO_4 /Normes

Cas étudiés	Traitement Physique	Oxydation avec permanganate de potassium	Normes	Normes Sup	Rendement %
Matières organiques mg/l	2,2	1,8	60		18,19
DCO mg/l	11,1	10,4	150		6,31
					12,25

Le graphe suivant représente la comparaison entre le traitement physique, le traitement par l'oxydation par permanganate de potassium par rapport aux normes instaurés par l'office nationale de l'environnement.

Le traitement physique est en bleu, le traitement par permanganate de potassium en orange les normes inférieures en gris et normes supérieur en jaune.

Le taux d'élimination des hydrocarbures est de 12,25 % pour l'oxydation avec le permanganate de potassium. Ce taux est défini par

$$R = [(E_0 - E_1) / E_0] 100$$

Avec : R : rendement de traitement de l'ensemble des paramètres de pollution considéré ici.

E_0 : La valeur de chaque paramètre de pollution avant traitement

E_1 : La valeur de chaque paramètre de pollution après traitement

VI- 1.5 Comparaison Traitement Physique-Traitement biologique-Normes

La figure 37 suivant illustre cette comparaison.

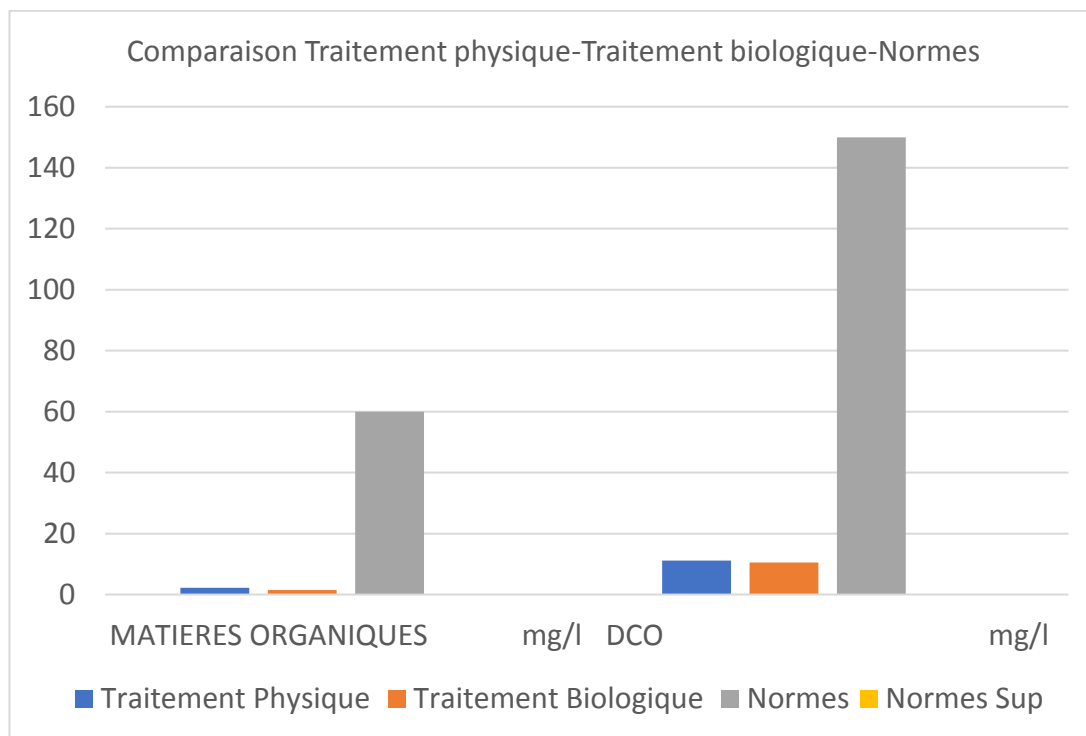


Figure 35 : Comparaison Traitement physique-Traitement biologique-Normes

Le tableau 9 suivant représente aussi cette comparaison

Tableau 9 : Comparaison Traitement physique-Traitement biologique-Normes

Caractéristiques étudiés	Traitement Physique	Traitement Biologique	Normes	Normes Sup	Rendement %
Matières organiques mg/l	2,2	1,5	60		31,82
DCO mg/l	11,1	10,5	150		5,41
					18,62

Le graphe représente la comparaison entre le traitement biologique et le traitement physique par rapport aux normes.

Le traitement physique est en bleu le traitement biologique en orange les normes inférieures en gris et normes supérieur en jaune. La valeur des deux paramètres étudiés baisse. Les souches hydrocarbonoclastes ont donc oxydées quelques dépôts d'huile sur l'eau traité. Ceci s'explique par la baissent des deux paramètres considérés. Et on a un rendement général de 18,62%. Le traitement est conditionné par le temps de réaction. L'incertitude est de savoir si on peut encore avoir un rendement meilleur si on augmente le temps de réaction.

$$R = [(E_0 - E_1) / E_0] 100$$

Avec : R : rendement de traitement de l'ensemble des paramètres de pollution considéré ici.

E_0 : La valeur de chaque paramètre de pollution avant traitement

E_1 : La valeur de chaque paramètre de pollution après traitement

En guise de conclusion, toute les traitements effectués dans cette expérimentation fait diminuer la teneur en hydrocarbure des eaux usées issues de la centrale thermique de Symbion Power Mandroseza. Le traitement physique a le plus haute teneur d'élimination des hydrocarbures avec un rendement de 93,55%. Le traitement par l'oxydation avec le peroxyde d'hydrogène possède le rendement le plus élevé sur les traitements chimiques. En effet, son rendement est de 31,36%.

PARTIE C : ANALYSE
ENVIRONNEMENTALE
ET EVALUATION
FINANCIERE SOMMAIRE

VII- PERSPECTIVE POUR AVOIR UN BON TRAITEMENT

Dans ce chapitre on va essayer d'analyser les petites failles des procédés de traitement et suggérer des recommandations pour avoir un résultat de traitement encore meilleur.

VII-1 Résultat d'analyse

- Les paramètres déterminés au niveau du laboratoire de la JIRAMA ne sont pas complets. Et cela limite l'exploitation au maximale des paramètres de pollution et l'étude des données techniques qui doit être réalisée pour avoir un rendement de traitement meilleur par rapport aux résultats obtenus
- Il y a un besoin d'investissement de nouveaux matériels pour remplacer tous ceux qui ne fonctionnent plus correctement, pour réaliser l'étude des paramètres importants. (Tableau : 9)
- A la sortie de l'usine de SYMBION POWER Madagascar, l'analyse de l'eau ne peut pas être effectuée car les eaux peuvent polluer ou détruire les appareils d'analyse de la société JIRAMA qui sont destinés en premier lieu à une analyse de l'eau de consommation. Cette lacune limite l'étude des qualités et quantités des polluants mais les ingénieurs responsables des traitements d'eau de la société SYMBION POWER ont données une fourchette de valeur de la quantité de l'huile qui est de 20% pouvant aller jusqu'à 35% selon l'acheminement et l'utilisation de cette eau.
- Un des paramètres le plus importants de cette étude est la teneur en huile de l'eau mais faute de moyen matériel on n'a pas pu effectuer l'analyse de ce paramètre.

Tableau 10: Représentation des paramètres faisable et non faisable

Paramètres	Méthodes analytiques d'analyses	Existe	N'existe pas ou ne fonctionne plus
Echantillonnage	Echantillonnage moyen pondéré sur un cycle de production	Oui	
Couleur	Méthode au chloroplatinate (échelle platine)	Oui	
Odeur	Méthode directe	Oui	
Température		Oui	
MES	Filtration sur disque filtrant, sur papier lent, centrifugation	Oui	
Turbidité	Méthode directe sur un thermomètre	Oui	
Conductivité	Méthode électrochimique	Oui	
Résidus sec	Méthode par vaporisation		Non
Chlorures	Méthode au nitrate d'argent	Oui	
Sulfates	Méthode gravimétrique au chlorure de baryum, méthode néphélométrie	Oui	
Agent de surface			Non
Nitrate		Oui	
Nitrites	Spectrophotométrie (réactif de Zambelli)	Oui	
Azote total Kjeldahl	Méthode, distillation puis acidimétrie	Oui	
Azote ammoniacal	Spectrophotométrie	Oui	

Paramètres	Méthodes analytiques d'analyses	Existe	N'existe pas ou ne fonctionne plus
Phosphore total	Méthode Spectrophotométrique	Oui	
DBO5	Méthode des dilutions	Oui	
DCO	Méthode au bichromate	Oui	
Huiles et graisses	Méthode de l'extrait à l'hexane		Ne fonctionne plus
Pesticides totaux	Méthodes AOAC		Non
Sulfures d'hydrogènes	Méthode indirecte par iodométrie		Non
Cyanures libres	Spectrophotométrie		Non
Hydrocarbures totaux	Spectrophotométrie		Ne fonctionne plus
Phénols et composés phénoliques			Non
Radioactivité	Spectrométrie gamma		Non
Antibiotiques	Méthodes AOAC		Non
Fer	Spectrophotométrie avec orthophénanthroline	Oui	
Sélénium	Absorption atomique		Non

Paramètres	Méthodes analytiques d'analyses	Existe	N'existe pas ou ne fonctionne plus
Mercure	Absorption atomique		Non
Chrome hexavalent	Spectrophotométrie		Non
Cuivre, plomb, chrome total, zinc, manganèse, arsenic, cobalt nickel, argent, cadmium, titane, antimoine...	Polarographie Absorption atomique		Non
Analyses bactériologiques	Comptages des colonies	Oui	

(Source : auteur)

Le manque de matériel au laboratoire ne permet pas de choisir un traitement efficace. On ne peut pas faire des oxydations avancées à cause des conditions et des risques des réactifs utilisées.

VII-2 Traitement physique

VII-2.1 Filtration

- L'utilisation du filtre du perfuseur n'est pas très efficace car il ne permet pas la rétention de toutes les espèces chimiques. Comme il est conçu pour transporter des compléments d'aliment pour les malades, la maille de leur filtre est assez espacée, donc le passage des éléments chimiques peut se faire.
- Choisir des filtres avec des mailles assez serrées pour qu'il y soit assez de matières organiques ou d'espèces chimiques retenu dans le filtrat

- A force de l'utiliser, le filtre est bouché par des polluants. Le volume du récipient de rétention est assez petit et la filtration est très lente. Il faut le remplacer par autres filtres. Or le temps de traitement augmente à cause de ces petites failles et la rentabilité du traitement diminue.
- Utiliser des matériels démontables afin d'enlever le filtre bouché et faciliter son remplacement ou son lavage si possible. L'illustration est la figure 39 suivante.



Figure 36 : Chambre de filtration

(Source : [24])

Caractéristique :

Diamètre des pores : $15\mu\text{m}$

Surface $= 1\text{ cm}^2$

Cylindre moulé en plastique transparent, volume : 15 ml

VI-2.2 Décantation

La vitesse de décantation n'est pas connue car beaucoup de paramètre le conditionne :

- Le coefficient de rugosité du récipient ;
- Densité du liquide ;
- Granulométrie des solides qui constituent les eaux usées surtout provenant de l'usure aux salles des machines, poids des grosses particules ;

- Durée de formation des colloïdes causée par les pollutions carbonées qui polluent le récipient. La figure 40 suivante montre cet aspect.



Figure 37 : Problèmes rencontrés sur la décantation

(Source : Auteur)

VII-3 Traitement chimique

Généralement, pour tous les essais de traitement chimique, le choix du réactif est conditionné par les paramètres suivants :

- La disponibilité des réactifs dans le laboratoire ;
 - La disponibilité des appareils pour faire l'essai de traitement ;
 - Le pouvoir oxydant de chaque réactif.
- Permanganate de potassium

Le traitement est assez efficace, à moindre cout et aussi très facile à manipuler.

- Hypochlorite de sodium

L'utilisation de l'hypochlorite de sodium dans le traitement d'eau est assez classique.

- Peroxyde d'hydrogène

- La gestion pour qu'il n'est pas en contact avec l'air est la plus difficile, il nécessite une grande surveillance à son utilisation pour gérer l'oxygène mais surtout lors du transport du peroxyde d'hydrogène. Ceci est donc le but que ses

caractéristiques et ses pouvoirs oxydants ne changent pas au cours de sa manipulation ou transport.

- Faire l'essai de traitement et la fabrication dans un même laboratoire pour ne pas dégrader les caractéristiques du réactif et pour alléger les différents risques de transformation ou explosion du réactif.
- Les solutions aqueuses de peroxyde d'hydrogène sont généralement stockées dans des containers en acier inoxydable ou en aluminium soigneusement décapés et passivés. Certaines matières plastiques telles que le polyéthylène sont compatibles et peuvent être utilisées pour des récipients de moindre contenance à condition que la concentration en peroxyde d'hydrogène ne dépasse pas 60 %. Le polytétrafluoroéthylène (PTFE) sera utilisé pour des accessoires (joints...) [30].

VII-4 Traitement biologique

- Le fait de se baser sur le principe que les bactéries ou microorganismes qui ne mangent pas les substrats, augmentent le temps d'adaptation de la souche à son nouvel environnement. Cette phase d'attente augmente le temps de traitement.
- La solution est de faire l'extraction de la souche hydrocarbonoclastes dans un laboratoire avant de l'utiliser dans le domaine de traitement d'eaux huileuses.
- Le temps de traitement est assez long car il peut durer jusqu'à 30 jours de temps de contact.
- Chercher ou utiliser d'autres sources de souche bactérienne hydrocarbonoclastes autres que les litières de vaches et faire des essais avec pour améliorer le rendement du traitement. Ou faire l'essai d'isolation des souches hydrocarbonoclastes dans un laboratoire spécialisé pour minimiser ce temps d'adaptation.

Pour conclure cette partie, il existe beaucoup de processus technologiques pour traiter l'eau usée. Certaine méthode met en œuvre des gros moyens pour y parvenir mais on

peut aussi faire la dépollution avec des techniques simple tout en respectant les normes de rejet instauré par l'Etat.

Pourtant, lors de cette expérimentation, il existe encore beaucoup de lacune au niveau matériel à améliorer pour avoir un rendement plus important que ceux trouvés précédemment.

Chapitre VIII- ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Dans cette partie, nous avons effectué une étude d'impact sur l'environnement de chaque type de traitement effectuée pour savoir lequel est le plus efficace et le plus rentable.

VIII-1 Toxicité des effluents industriels

La toxicité des eaux usées industrielles peut être expliquée par la présence des éléments chimiques comme les métaux lourds ou des substances synthétiques. En plus, certaines transformations surviennent dans les conduits qui les transportent à cause des réactions chimiques entre les différentes substances qui y sont mélangées.

Les métaux représentent comme des produits toxiques de façons immédiates envers l'être humain, à cause de leurs propriétés chimiques (solvabilité, état d'oxydation).

La présence simultanée des métaux permet de réaliser une toxicité supérieure. Exemple sur les métaux : le zinc, le cadmium, le cuivre....

Les hydrocarbures est un ensemble de produits pétroliers : (pétrole brut, pétrole raffiné, kérosène, essence, fuel, lubrifiant, huile à moteurs), ces hydrocarbures contiennent plusieurs atomes de carbones, caractérisés par un point d'ébullition entre l'intervalle 35 à 490 °C. La stabilité des hydrocarbures aliphatiques (les alcanes) est très élevée, leurs dégradations dans l'environnement ce fait d'une façon très lente, sous l'effet de la lumière ou des bactéries. Et dans le cas des hydrocarbures plus légers que l'eau, la pollution peut se manifester sous forme de gouttelettes d'huile piégées.



Figure 38 : Illustration de la pollution par hydrocarbures sous formes de gouttelette

Source : http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 page 40

VIII-2 Impact de la pollution

Les impacts potentiels des déversements d'hydrocarbures ou d'eaux huileuses peuvent être présentés en 3 catégories :

- Santé humaine :

Cette catégorie prend en compte les substances ayant des effets toxiques et respiratoires, produisant des radiations ionisantes et qui contribuent à la construction de la couche d'ozone. Dans les différentes littératures la gravité de la maladie est exprimée en DALY ou Disability Adjusted Life Year. C'est l'unité du dommage à la santé [32].

- Qualité des écosystèmes :

Elle regroupe les impacts liés à l'écotoxicité aquatique et terrestre, à l'acidification et à l'eutrophisation aquatique et à la nitrification des terres et à l'occupation terrestre. Elle est quantifiée en fraction d'espèces potentiellement disparues sur une surface donnée et sur une certaine période de temps, par kilogrammes de substances émises. Son unité est exprimée en $m^2 \cdot an / kg$ [32].

- Ressource :

Diminution des toutes formes de ressources telles que l'eau, l'air, la faune et flore [33]

VII-2-1 Santé humaine

L'eau contaminée par les hydrocarbures est susceptible de transmettre les maladies.

En effet la pollution peut introduire dans l'eau de boisson des risques [36] :

- A court terme lorsque les sources de pollution sont urbaines, il s'agit du déversement incontrôlé... Il peut arriver que ces eaux soient évacuées vers des puits qui sont en communication directe avec la nappe.
- A moyen terme lorsque les sources de pollution sont industrielles. Il peut s'agir des industries polluantes par leurs déchets.
- A long terme avec le développement agricole, les produits utilisés dans le but d'améliorer les rendements agricoles.

Par paramètre de pollution, on peut classer l'impact sanitaire généralement par [37] :

Les MES : transportent des polluants ; ce qui augmente les risques d'absorption de substances toxiques par l'organisme

La pollution Organique : Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'Homme

L'azote (nitrates, nitrites), Phosphore

- Les nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue)
- Les nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration).

Les métaux :

- Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés ;
- Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérogènes ;
- Effets reprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérogènes.

Les carbamates :

- Affections au système nerveux (neuropathies tardives, dégénérescences des tissus nerveux, anomalies du fonctionnement intellectuel et neuropsychologique, maladie de Parkinson).

Les organophosphorés :

- Affections au système nerveux (neuropathies tardives, dégénérescences des tissus nerveux, anomalies du fonctionnement intellectuel et neuropsychologique, maladie de Parkinson) ;
- Affections au système immunitaire (tumeurs malignes du système lymphatique, sarcomes du tissu mou).

Les organochlorés :

- Affections au système reproducteur (dérèglements hormonaux, détérioration de la qualité du sperme, infertilité, etc.) ;
- Affections au système immunitaire (tumeurs malignes du système lymphatique, sarcomes du tissu mou) ;
- Cancers du sein et des ovaires ;
- Cancers des testicules et de la prostate.

VII-2.2 Qualité des écosystèmes

Tout comme l'impact sur la santé humaine, on peut aussi classer l'impact sur l'écosystème par paramètre de pollution [38].

- Les **MES** : Eaux plus troubles ; perturbent la photosynthèse, la respiration des poissons et colmate les milieux aquatiques.
- La pollution Organique : Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons, stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues, faiblement biodégradable.
- L'azote (nitrates, nitrites), Phosphore :
 - Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux.
 - Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique.
- Les métaux non biodégradables : bioaccumulables, substances très dangereuses pour les milieux aquatiques ; s'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments.

VII-2.2.1 Contamination de l'eau de surface et des aquifères

L'utilisation de larges volumes d'eau pour la fracturation hydraulique, et le fonctionnement d'une centrale thermique génère un large volume d'eau contaminé pouvant atteindre les aquifères, mais également les eaux de surface [32].

Les différents mécanismes qui peuvent résulter en une contamination des eaux de surface sont :

- Contamination des aquifères qui se déversent par la suite dans les eaux de surface ;
- Fuite des bassins de rétention sur le site vers eaux usées de surface ;
- Déversement lors du transport vers le lieu de traitement ;
- Contamination après le traitement.

VII-2.2.2 Impacts potentiels sur la faune et les habitats

Les principaux responsables des pertes de biodiversité sont la détérioration et la transformation continuelle des habitats naturels.

Les zones marécageuses font vivre une multitude d'organismes dont des bactéries, des animaux, œufs, les larves de poisson et d'invertébré. Nombreux sont les impacts sur la faune et les habitats suites aux déversements des eaux usées huileuses dans un milieu naturel.

Ces impacts sont les suivants :

- Modification, fragmentation et réduction de la taille des habitats ;
- Ecotoxicité : exposition à des pollutions ou des contaminants ;
- Diminution des capacités de défense et de résistance des faunes face aux catastrophes naturelles ce qui peut ensuite mener à des nouvelles pertes de biodiversité ;
- Prolifération d'espèces opportunistes au sein de l'habitat affecté ;
- Des lésions des tissus des animaux par contact direct.

La figure 41 suivant représente le cas d'un chameau mort à cause de la contamination de la nappe phréatique. L'animal a bu l'eau pollué par les hydrocarbures.



Figure 39 : Chameau mort à cause de la contamination de la nappe phréatique

Source : http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 page 41.

VII-3 Mesure d'atténuation

Généralement, les mesures d'impacts peuvent varier selon les cas étudiés.

VII-3.1 Atténuation : définition et enjeux

L'atténuation désigne les activités qui visent à réduire la pollution, le rejet d'eaux usées n'importe où, directement ou indirectement, soit en minimisant le l'utilisation des produits dangereux en cherchant d'autres sources d'énergies, soit en piégeant ou en traitant ces sources de pollutions par le biais des nouveaux progrès technologiques [35].

VII-3.2 Principales mesures d'atténuation

- Assurer l'efficacité du traitement d'eau afin de ne pas enfreindre les normes de rejet de l'Etat Malagasy ;
- Mettre en place un personnel qualifié à chaque poste pour assurer et bien suivre les maintenances des machines ;
- Changer les comportements ;
- Construire des bâtiments à faible consommation d'énergie ;
- Suivre les évolutions technologiques, développement du recyclage et gestion des déchets ;

- Sensibiliser les différents secteurs d'activités qui bénéficient de la ressource à ne pas polluer ;
- Appliquer le système pollueur-payeur.

L'utilisation de biocarburants pour répondre à la demande énergétique est également très controversée et pose des questions sur la répartition des terres pour la production alimentaire et la production des biocarburants. Or, les cultures bioénergétiques contribuent à faire croître la demande en eau avec des risques de surexploitation des réserves disponibles et de possibles conflits d'usage. [39]

VII-3.3 L'adaptation

L'adaptation est l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli réels ou prévus ou à leurs effets, afin d'en atténuer les inconvénients ou d'en exploiter les avantages.

La capacité adaptative des institutions, des écosystèmes ou des individus se définit comme leur faculté générale à s'adapter aux dommages potentiels, à tirer profit des opportunités ou à faire face aux conséquences [35].

a- Types d'adaptation

- L'adaptation préventive :

Avant les impacts du changement climatique.

- L'adaptation autonome :

Réponse inconsciente aux stimuli climatiques et provoquée par le changement climatique.

- L'adaptation planifiée :

Résulte des stratégies et décisions politiques prises pour répondre aux effets du changement climatique.

- L'adaptation privée :

Réalisée par les individus, familles, communautés ou groupes privés.

- L'adaptation publique :

Initiée à tous les niveaux de gouvernement.

b- Mise en place après les impacts de la pollution.

L'adaptation intègre donc des notions de gestion des risques face aux catastrophes naturelles, des enjeux liés à l'amélioration de la résilience des sociétés, ainsi que des notions de développement humain, la pauvreté, le manque d'accès aux ressources naturelles,

économiques, financières et institutionnelles étant les facteurs principaux de vulnérabilité des personnes et des sociétés.

Pour conclure cette partie, le rejet au milieu naturel de ces eaux usées non traitées peut engendrer beaucoup de conséquence néfaste. Non seulement la santé de la population riveraine est remise en cause mais aussi la qualité de l'écosystème, la quantité des ressources. Pour éviter ce fléau, une mesure d'atténuation a été proposée.

Les principales mesures d'atténuation sont :

- L'adaptation des milieux naturels à des éventualités de pollution,
- L'ouverture à des nouvelles sources d'énergie,
- Mise en place des personnes qualifiées à chaque poste pour minimiser les éventuels accidents,
- Sensibilisation de tous les différents secteurs d'activités.

CONCLUSION GENERALE

Pour conclure, on peut dire que la société JIRAMA travail généralement sur l'approvisionnement en eau potable et l'éclairage dans tout Madagascar, mais surtout dans le centre-ville. Cette recherche sur la couverture en eau potable et l'électricité de la population génère des pollutions sur l'environnement. En effet l'utilisation des sources d'énergie à base d'hydrocarbures dans les centrales thermiques et ses processus de fonctionnement est le facteur qui polluent le plus. Ainsi, le besoin urgent de contrôler cette pollution par des différents types de dépollution pour ne pas détruire l'équilibre environnementale des différents milieux récepteur aux alentours et des respecter les normes de rejet.

Il existe des différents moyens matériels pour réaliser un traitement d'eau. Le dispositif de perfuseur est l'un des matériels qui possède en un seul instrument la possibilité de faire à la fois une filtration et décantation. La conception du lit bactérien est aussi facile à mettre en œuvre car les sources de bactéries sont faciles à trouver, tout comme leur support, la mâche fer.

Ensuite, la méthodologie de traitement des eaux peut être très diverses. Pour le traitement physique, l'opération permet de voir à vue d'œil l'abatement des matières en suspensions car la couleur de l'eau passe de noir à incolore avec quelques films d'huile qui se dépose à la surface de l'eau traitée. Pour le traitement biologique, c'est le temps pendant laquelle les souches des bactéries hydrocarbonoclastes oxydent les substrats qui compte. Les traitements chimiques ont été réalisés au sein du laboratoire du CNRIT. Ils ont été assez complexes à réaliser surtout pour l'oxydation au peroxyde d'hydrogène à cause de sa condition de stabilité. Mais par contre le temps de traitement est court par rapport aux traitements physique et biologique.

Et puis, les traitements proposés dans cette expérimentation fait diminuer la teneur en hydrocarbure des eaux usées issues de la centrale thermique de Symbion Power Mandrozeza. C'est avec le traitement physique que nous avons obtenu le meilleur taux d'élimination des hydrocarbures avec un rendement de 93,55%. Le meilleur traitement chimique est obtenu avec le peroxyde d'hydrogène. En effet, le rendement obtenu est de 31,36%.

Il existe plusieurs processus technologiques pour traiter l'eau usée. Certaines méthodes mettent en œuvre des gros moyens pour y parvenir. Cependant, on peut aussi faire la dépollution avec des techniques simples tout en respectant les normes de rejet instaurées par l'Etat. Pourtant, lors de cette expérimentation, nous avons rencontré beaucoup de lacune au niveau matériel : Le résultat d'analyse incomplète pour cause de l'ancienneté de l'appareil, le volume du compte-goutte du perfuseur très petite, le filtre est bouché après quelque peu après son utilisation, le fait de se baser sur le principe que les bactéries ou microorganismes qui ne mangent pas les substrats augmentent le temps d'adaptation de la souche à son nouvel environnement, il faut les améliorer pour avoir un rendement plus important que ceux trouvés précédemment. Des solutions ont été proposées pour pouvoir obtenir un meilleur rendement : Besoin d'investissement pour des nouveaux matériels pour remplacer tout ce qui ne fonctionne plus correctement, utiliser des matériels démontables afin d'enlever le filtre bouché et faciliter son remplacement ou son lavage si possible, la solution est de faire l'extraction de la souche hydrocarbonoclastes dans un laboratoire avant de l'utiliser dans domaine de traitement d'eau huileuses.

Enfin, les conséquences du rejet au milieu naturel de ces eaux usées non traitées sont très complexes et dangereuses. La santé de la population riveraine est remise en cause tout comme la qualité de l'écosystème et la quantité des ressources. Pour réduire ces différents impacts, des mesures d'atténuation a été proposée. Les principales mesures d'atténuation sont : l'adaptation des milieux naturels à des éventualités de pollution, l'ouverture à des nouvelles sources d'énergie, la mise en place des agent qualifiées à chaque poste pour minimiser les éventuels accidents, la sensibilisation de tous les différents secteurs d'activités.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES
ET
WEBOGRAPHIQUES

- [1] Protocole et fiche technique pour stagiaire, JIRAMA 2014. Date de consultation : Mai 2017
- [2] Protocole et fiche technique pour stagiaire, SYMBION POWER Mandroseza 2016. Date de consultation : Mai 2017
- [3] Fonctionnement d'un centrale thermique, Travaux d'études, Marie de la Tours d'Auvergne, 2012-2013
- [4] SOROR WAHIBA Dekhil, Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées, Université Mohamed El Bachir Elibrahimi Master de chimie et microbiologie de l'eau, Année 2012
- [5] METAHRI Mohammed Saïd, Elimination simultanée de la pollution azotées et phosphatées des eaux usées traités par des procédés mixtes, cas de la STEP Est la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de Doctorat, Spécialité : Agronomie, Option : Génie des Procédé, juillet 2012
- [6] Vaillant JR. Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Edition : Eyrolles. Année 1974
- [7] Rachid HABIB et Ouissam EL RHAZI, Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées Université Cadi Ayyad Marrakech - Licence SV 2007
- [8] RAPPORT D'ENQUÊTE ET D'AUDIENCE PUBLIQUE, Centrale de cogénération d'énergie à Bécancour, Bibliothèque nationale du Québec, 1994
- [9] Bulletin Officiel n° 4325 du 24 Rabbi II Maroc, 1416/20 septembre 1995.
- [10] Le Comité Scientifique Officiel de la Maison-Blanche pour la protection de l'environnement en 1965
- [11] NECIB Sana, Valorisation et traitement des eaux huileuses dans l'industrie pétrolière. Université, Faculté des sciences et de la Technologie et Science de la matière, Département des Génies de Procédés, Juin 2015
- [12] BACHOUCE Amina, Traitement des eaux usées de la station de déshuilage de Haoud Berkaoui. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master, Université de KASDI MERBAH OUARGLA Année universitaire 2012-1013

- [13] Décret N° 2003/464 DU 15 avril 2003 portant la classification des eaux usées de surface et réglementation des rejets d'effluents. Ministère de l'environnement à Madagascar
- [14] RODIER J. L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition. DUNOD (éditeur). Paris, France. Pages 1579. Année 2009.
- [15] RODIER J. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de Mer 6^{ème} édition. Année 1978.
- [16] SAMAKE H. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.
- [17] TARIK A. Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc. Thèse pour l'obtention du doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc. Année 2005.
- [18] Franck Rejsek, Analyse des eaux - Aspects réglementaires et techniques, année 2002
- [19] YAHATENE Sofiane et TAHIRIM El Tiadj. Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran. Université d'Oran. Année 2010.
- [20] Perfuseur par gravité, Commission technique Europharmat, Fiche Bon Usage, Date de Rédaction : Février 2012, Date de Réactualisation : juin 2015, Date de consultation : Décembre 2017
- [21] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/oxydation-et-reduction/les-oxydants-et-desinfectants>. Date de consultation Décembre 2017. Date de publication : Janvier 2003.
- [22] JOFFIN Jean Noël, Hypochlorite et eau de Javel, unités de concentration, préparation des solutions désinfectantes. Revue de l'Union des Professeurs de Physiologie Biochimie. Date de publication : Janvier 1996. Date de modification : Mars 2015. Date de consultation Décembre 2017.
- [23] DEGREMONT, R. MALMAISON, Mémento technique de l'eau, tome 1, Paris, Degremont ; Lyonnaise des eaux, 1989.

- [24] http://en.wikipedia.org/wiki/Potassium_permanganate Date de consultation : décembre 2017.
- [25] www.dailymotion.com/video/x95inx_eau-oxygenee-permanganate-de-potasstech Date de consultation : décembre 2017.
- [26] Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES, sur le site web de l'INRS : www.inrs.fr/fichetox . Date de consultation : décembre 2017.
- [27] TOGOLA L., Etude comparée des performances épuratoires de deux filières de traitement biologique des eaux usées domestiques par lagunage : Cas de la station expérimentale de l'EIER, Travail de diplôme, EIER, Juin 2004.
- [28] DHAOUADI Hatem Les procédés biologiques d'épuration Université Virtuelle de Tunis 2008.
- [29] Karrouit Om Elkhire , Traitement des effluents non dégradables dans les eaux usées par le réactif de fenton (H_2O_2/Fe^{2+}), Faculté des Sciences Appliquées, Département des Génies des Procédés, Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Spécialité : Génie des procédés, Option : Génie d'environnement, Université Kasdi Merbah Ouargla, Année juin 2015.
- [30] DENYIGBA K., Cahier de travaux pratiques : Microbiologie des eaux, tome 1, Génie sanitaire,EIER, 1996-1997,
- [31] SARR A., Mécanismes d'élimination de l'azote et du phosphore dans les eaux usées domestiques traitées par lagunage sous climat sahélien - Possibilités et limites de leur réutilisation comme fertilisants en agriculture urbaine à Ouagadougou, travail de diplôme, EIER, Juin 2005.
- [32] C.R.D.I . Hydrogéologie et contamination de la nappe phréatique alimentant la ville de Bamako. Date de publication : mai 1991. Date de modification : Mars 2015. Date de consultation Décembre 2017.
- [33] JALAL Halwani, BAGHDAD Ouddane, GHAYASSE Abbasse et MOUMEN Baroudi. Impact environnemental des rejets en mer Méditerranée des Effluents des centrales thermiques au Liban. Revue scientifique. Date de publication : Novembre 2000. Date de consultation : Février 2018.

- [34] HALIMA Benguettane, KHIERA Hadbouli, Analyse des eaux industrielles de la station déshuilage de la zone HBK,
- [35] IPCC, Summary for policymakers, Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. 2014
- [36] KAHOUL Saliha, BELHACHANI Nadia, Utilisation d'un procédé d'oxydation avancée dans le traitement des eaux industrielles, Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie des procédés Option : Génie d'environnement, Mai 2015.
- [37] Gareau, Priscilla, B. Gariepy Annie, B.sc Gingras Stéphane, Msc Rasmussen Patrick, M.A., Psychologue, La problématique de la pollution agricole, ses impacts sur la santé des cours d'eau et sur la santé humaine, Travail de recherche et de synthèse, Octobre 1999.
- [38] LAPERCHE, LELOUP B.Clozel, BARANGER Paul. Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués. Juin 2004.
- [39] Dr. BESSEDIK Madani bessedik@mail.univ-tlemcen.dz mabessedik@yahoo.fr
Date de consultation : décembre 2017
- [40] LOUKIL Leila et Pr SENOUCI Benabbou, Effet de la pollution des rejets pétroliers sur la région Hassi Messaoud, Mme, Centre Universitaire de Tamanrasset, université d'Oran. Revue scientifique. Mai 2015.

ANNEXE

Annexe 1 : TECHNIQUES D'ANALYSES DES EAUX

Les essais pratiques de ce travail ont été effectués au niveau des laboratoires de JIRAMA et du CNRIT.

IV.1 MES

Détermination des matières en suspension par filtration :

Les matières en suspension correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. Cette méthode permet de mesurer la teneur en matière solide en suspension de dimension donné, dans l'eau.

➤ Principe :

L'eau est filtrée et le poids des matières solides retenues par le papier filtre est déterminé par pesée différentielle.

Matériels utilisés :

- Papier filtre Millipore de 0,45µm.
- Eau distillée.
- Pompe à vide.
- Dispositif de filtration « millipore ».
- Creusets.
- Etuve de séchage
- Pincette.
- Balance de précision.



Dessiccateur en verre.



Les creusets avec papiers filtrent.



Etuve



Pompe à vide

Mode opératoire :

- On soutire 250 ml de l'échantillon après décantation.
- Mettre le papier filtre avec le creuset dans l'étuve à 105°C pendant 2h.
- Refroidir le papier filtre avec le creuset dans le dessiccateur en verre.
- Avant la filtration, on pèse le papier filtre avec le creuset soit (M1).
- Placer le papier filtre dans le dispositif de filtration.
- Mettre la prise d'essai de 250 ml dans l'entonnoir de filtration.
- Mettre en marche la pompe à vide. La filtration commence et les MES sont retenues sur le papier filtre.
- Sécher le papier filtre placé dans un creuset dans l'étuve à 105°C.
- Après refroidissement, on pèse le papier filtre avec le creuset, soit (M2).

La concentration en matière solide en suspension peut être calculée à partir de la relation suivante :

$$\text{MES} = [M_2 - M_1] / v \times 1000 \text{ (mg/l)}$$

Avec :

MES : matière en suspension.

M2: masse du filtre après filtration.

IV.2 Turbidité

Le turbidimètre que nous avons utilisé est de type (HACH 21000 AN IS TURBIDIMETER) présenté sur la figure ci-dessous. La mesure se fait par lecture de l'appareil. Nous avons réalisé les mesures dans des cellules spéciales.

- Allumer le turbidimètre
- Remplir la cellule à la ligne (environ 15 ml).
- Essuyer la cellule avec le morceau tissu pour enlever les traces d'eau et les empreintes.
- Presser le bouton I/O pour allumer le turbidimètre et placer la cellule.
- Presser le bouton « READ » la turbidité est exprimée en NTU
- Lire la valeur après l'extinction du symbole de la lampe.
- Eteindre l'appareil.

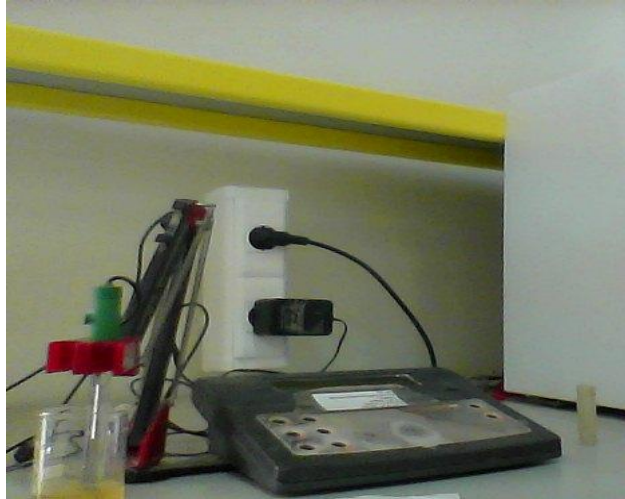


Turbidimètre

IV.3 pH mètre

Nous avons réalisé les mesures du pH des différentes solutions du polluant à l'aide d'un pH-mètre du type « HANNA, HI 8521 ». Au préalable, l'étalonnage a été effectué à l'aide de solutions tampons commerciales de pH 4. 7. Le pH de la solution ne subit aucune modification au cours des différentes expériences, sauf lors de l'étude de son effet où il a été ajusté à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique ou de soude à 0,1 mol. L-1 suivant le pH désiré.

- Allumer l'appareil
- Rincer la sonde dans l'eau à analyser
- Introduire la sonde dans l'eau
- Mettre le couvercle et laisser se stabiliser
- Lecture du résultat



pH-mètre utilisé

IV.4 Détermination de la concentration eau-huile

IV.4-1 Principe

- On met dans une ampoule à décanter 25ml d'eau usée huileuse (**V**), On ajoute 10 ml de n-hexane.
- On laisse les phases se séparer par décantation dans une ampoule.
- On récupère la phase aqueuse dans un bêcher et on fait couler la phase du solvant organique dans un ballon préalablement lavé, séché et pesé (**P1**).
- On répète l'extraction trois fois. On procède à l'évaporation du solvant par distillation par un évaporateur rotatif à une température de 60°C.
- On arrête l'évaporation une fois l'hexane est éliminé. Ensuite, on met le ballon dans l'étuve. Après refroidissement, on pèse (**P2**). La teneur en huile est exprimée par la formule suivante :

$$[MG] \text{ (mg/l)} = (P2 - P1) \times 1000/V$$



Etape 01



Etape 02



Etape 03

Les étapes de la mesure du teneur en huile

IV.5 Mesure de la concentration des chlorures [Cl⁻]

On met dans un erlenmeyer 1ml de la solution d'eau huileuse diluée (échantillon synthétisée 1%) et on ajoute 1ml chromate de potassium K₂CrO₄ puis on a titré par une solution de nitrate argent et détermine le volume **V_a**.

La concentration des chlorures est exprimée par la formule suivante :

$$[CL^-] = [(V_a - V_b) / 100] F D C_{10} / V_s$$

- **V_a** : volume AgNO₃ nécessaire pour le dosage d'échantillon
- **V_s** : volume AgNO₃ nécessaire pour le dosage de traiter
- **V_b** : volume AgNO₃ nécessaire pour le dosage de blanc
- **D** : facteur de dilutions.
- **F** : facteur de correction du traiter de AgNO₃ = 35,453.
- **C** : concentration réelle de AgNO₃ = 0.0282mg/l

IV.6 Détermination la concentration de sulfate [SO₄⁻²]

On Prépare la solution d'étalonnage (blanc), par 100ml l'eau distillée, 1ml de BaCl₂ et 5ml de réactif de sulfate.

- On prépare 4ml d'eau huileuses dilué (échantillon synthétisée 4%).
- On pose le blanc dans cellule et pose dans l'appareil spectrophotomètre,
- Après pose l'échantillon dans appareil spectrophotomètre,

La concentration de sulfate SO_4^{2-} est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{SO}_4^{2-}] = C \times D$$

Où

- C : la valeur donnée par le spectrophotomètre
- D : facteur de dilution ($D = 100 / 4 = 25$)

IV.7 Détermination de la concentration de Fer [Fe^{2+} et/ou Fe^{3+}]

La détermination de la concentration de fer dans une solution se fait par dosage.

Voici le principe :

- On ajoute 40ml d'eau distillée à une solution contenant 0.1ml d'échantillon,
- 2ml du mélange d'acétate ammonium et acide acétique ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$, CH_3COOH),
- 2ml chlorhydrate d'hydroxylamine ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HO}$)
- 1ml de phénthroline ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$) et
- 50ml d'eau distillé
- On laisse le mélange pendant 10 min
- On prend 10ml dans la cellule, afin de mesurer la concentration de Fer

IV.8 Détermination de la DBO

On prépare des échantillons convenables de l'eau résiduaire à examiner avec une eau de réseau (eau stabilisée à 20 °C pendant 48 h). On mesure la variation de l'oxygène dissous au temps 0 et au temps 5 jours. Les meilleurs résultats sont obtenus pour une variation de 35 à 60 %.

On peut déterminer la DBO_5 par plusieurs méthodes mais on a utilisé la méthode de dilution

IV.8-1 Mode opératoire

- Faire les dilutions adéquates avec de l'eau pure ;
- Mettre dans le flacon une pincée d'allyle thio-urée pour éviter la nitrification (eau sortie) ;
- Remplir le flacon à ras bord avec la dilution ;
- Mettre l'extenseur de volume sur le flacon ;
- Introduire la sonde avec le système d'agitation ;
- Mettre le flacon avec la sonde sur l'agitateur magnétique ;

- Agiter jusqu'à stabilisation de la valeur de la pO₂
- Noter cette valeur.

Après 5 jours à l'obscurité et à 20°C, mesurer la concentration de l'oxygène dissous.

IV.8.2 Volume de la prise d'essai

Le volume de la prise d'essai est fonction de la valeur de la DCO. Pour les eaux urbaines, on utilise la formule suivante : Prise d'essai maximale = 4000/DCO (mg O₂/l).

On réalise deux prises d'essai différentes : un max et un mini (la moitié de la prise max).

IV.8.3 Calcul de la DBO

La relation suivante permet de calculer la valeur de la DBO.

$$DBO_5 = ((P_0 - P_5) - (K_0 - K_5)) * V / E$$

Avec : P₀ : concentration d'O₂ dans la dilution au début de l'essai ;

P₅ : concentration d'O₂ dans la dilution à la fin de l'essai (après 5 jours) ;

K₀ : concentration d'O₂ dans l'eau de dilution au début de l'essai

K₅ : concentration d'O₂ dans l'eau de dilution à la fin de l'essai (après 5 jours) ;

V : volume du flacon

E : prise d'essai



Dispositif expérimentale de DBO LH-BOD601

IV.9 Détermination de la DCO

IV.1.Préparation de l'échantillon

Homogénéiser l'échantillon si besoin est et introduire dans l'ordre, dans un ballon de 250 ml:

- 10 ml d'échantillon à l'aide de l'éprouvette ; rincer l'éprouvette d'un jet de pissette d'eau distillée, transvaser les eaux de lavage dans le ballon ;
- Quelques billes de verre ou équivalent ;
- Une pincée de sulfate mercurique, environ 0.4 g ;
- 5 ml de dichromate à la pipette ;
- 15 ml d'acide sulfurique concentré (dangereux), à l'aide d'une éprouvette ; procéder à cette opération avec précaution et en agitant doucement le vase d'un mouvement circulaire.

Il est souhaitable de poser au cours de toute l'opération le ballon sur un lit de glace afin d'éviter que le dégagement de chaleur n'entraîne la disparition des matières volatiles. (On peut éventuellement refroidir le ballon sous l'eau du robinet).

- Relier le réfrigérant au ballon et l'alimenter avec l'eau du robinet ;
- Porter à ébullition sous reflux pendant 2 h ; l'ébullition doit être régulière, sans soubresauts ni excès ;
- Laisser refroidir le ballon ;
- Entraîner au fond du ballon, par un jet de pissette, les dépôts qui se sont formés sur la paroi interne ;
- Retirer le ballon du dispositif de chauffage et du réfrigérant ;
- Compléter à environ 75 ml avec de l'eau distillée et laisser refroidir à la température ambiante.

IV.9-2-Dosage

- Transvaser le contenu du ballon dans un erlenmeyer de 250 ml ;
- Rincer le ballon avec le minimum d'eau distillée et joindre les eaux de lavage au mélange ;
- Introduire quelques gouttes de ferroïne dans l'erlenmeyer ;
- Titrer par la solution ferreuse jusqu'à ce que la coloration bleu vert passe au brun rouge.
- Soit V_e le volume de solution ferreuse utilisée

IV.9-3 Expression des résultats

La DCO exprimée en mg/l est donnée par la formule

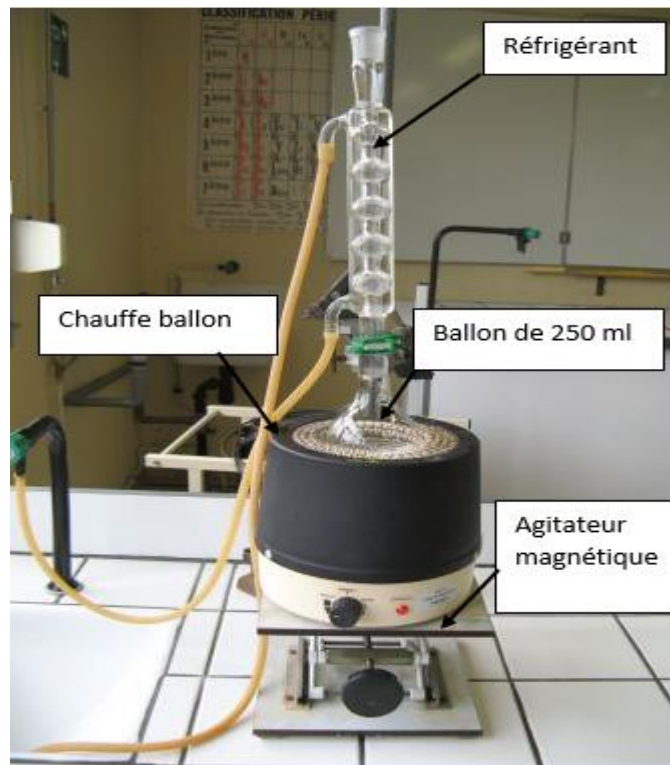
$$\text{DCO mg/l} = \frac{800 \cdot N_1 \cdot (V_B - V_e)}{V_0}$$

Avec : V_B = volume de solution ferreuse utilisé pour l'essai à blanc

V_e = volume de solution ferreuse utilisé pour l'échantillon

V_0 = volume de la prise d'essai

N_1 = normalité de la solution ferreuse



Dispositif expérimentale de la DCO

IV.10 Conductivité électrique [24]

La conductivité électrique, C , d'une eau, est la conductance, c , d'une eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface, séparée l'une de l'autre par une distance de 1 cm.

La conductivité C c'est l'inverse de la résistivité R .

La technique se fait comme suit :

- Allumer l'appareil ;

- Rincer l'appareil dans l'eau à analyser ;
- Laisser la sonde dans l'eau pour avoir un résultat et se stabiliser pour que le résultat soit proche de la valeur exacte ;
- Récupérer les données affichées dans l'écran du conductimètre ;
- Eteindre l'appareil.



Conductimètre

Annexe 2 : FICHE DE TECHNIQUES DES REACTIFS (INRS et VWR)

1- PERMANGANATE DE POTASSIUM (VWR



INTERNATIONAL) [22]

FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

Version du : 20/04/05

1. Identification du produit et de la société

Identification du produit

Code produit : 29644 ID No. : 1021700

Nom du produit : Potassium permanganate GPR

Utilisation de la substance ou préparation : Réactif chimique général

Identification du fournisseur

Société : VWR International SAS * 201, rue Carnot * F-94126

Fontenay sous-bois cedex, France

Téléphone : + 33 (0) 1 45 14 85 94 Télécopie : + 33 (0) 1 45 14 85 18

E-mail : product.support@uk.vwr.com

Numéro d'appel d'urgence : +33 (0) 1 45 42 59 59

2. Identification des dangers

Favorise l'inflammation des matières combustibles. Nocif en cas d'ingestion. Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

3. Composition/information sur les composants

Caractéristiques chimiques

Sel minéral

Nom du produit : Potassium permanganate

Numéro CAS : 7722-64-7 Numéro CE : 231-760-3

Index CE : 025-002-00-9

Formule moléculaire : KMnO_4 158.03 g/mol

4. Propriétés physiques et chimiques

Indications générales :

Forme : cristal

Couleur : violet foncé

Odeur : inodore

Indications de la santé, la sécurité et l'environnement :

Point de fusion 240°C (décomposition)

Température d'ébullition Non applicable (Se décompose)

Densité(g/ml) 2.70

Densité apparente : ~1.3 - 1.6 g/ml

Pression de vapeur <0.01 hPa (20°C)

Solubilité dans eau 64 g/l (20°C)

pH 7-9 (20g/l H₂O)

Point d'éclair Non applicable

Flammabilité: Pas combustible.

5. Stabilité et réactivité

Oxydant fort.

Danger d'explosion de la poussière.

Substances à éviter : substances organiques, acides, substances combustibles, hydrogène peroxyde, hydroxylamine, acide fluorhydrique, soufre, composés de l'ammonium, alcools/acide sulfurique concentré, phosphore, glycérol.

6. Informations toxicologiques

- En cas d'apparition de poussières : L'inhalation peut provoquer des œdèmes des voies respiratoires.
- En cas de contact avec la peau : brûlures.
- En cas de contact avec les yeux : brûlures. Danger d'opacification de la cornée
- En cas d'ingestion, malaise et vomissement. Danger de perforation pour l'œsophage et l'estomac.

D'autres propriétés dangereuses ne peuvent être exclues. Manipuler ce produit avec les précautions d'usage pour un produit chimique.

2- PEROXYDE D'HYDROGENE (INRS) [22]

Fiche toxicologique n°123

Généralités

Substance(s)

Formule Chimique H_2O_2

Détails

Nom Peroxyde d'hydrogène
 Numéro CAS 7722-84-1
 Numéro CE 231-765-0
 Numéro index 008-003-00-9 (solutions aqueuses)



PEROXYDE D'HYDROGENE (=>70%)

Synonymes

Eau oxygénée

Danger

H271 - Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant

H302 - Nocif en cas d'ingestion

H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H332 - Nocif par inhalation

H335 - Peut irriter les voies respiratoires

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008. 231-765-0

Selon l'annexe VI du règlement CLP

ATTENTION : pour les mentions de danger H302, H332, H 335 et H271, se reporter à la section "Réglementation".

Propriétés physiques

Concentration de la solution en H_2O_2 (% en poids) 10 % 35 % 50 % 70 % 90 % 100 %

Densité à 25 °C 1,03 1,13 1,19 1,28 1,39 1,44

Point de fusion (en °C) - 6 - 33 - 52 - 40 - 11 - 0,4

Point d'ébullition (en °C) 102 108 114 125 141 150 à 152
 (décomposition)

Propriétés chimiques

Le peroxyde d'hydrogène pur est stable dans les conditions normales de température et de pression. De même, ses solutions aqueuses totalement exemptes d'impuretés sont relativement stables lorsqu'elles sont stockées dans des récipients inertes et rigoureusement propres. Mais ses solutions aqueuses commerciales même stabilisées se décomposent facilement en libérant de l'oxygène sous l'action de nombreux facteurs :

- La contamination par divers produits : un grand nombre de substances, même à l'état de traces, catalysent la décomposition ; les plus actives sont les métaux lourds et leurs sels (cuivre, cobalt, manganèse, chrome, nickel, molybdène, plomb, fer... ; les seules exceptions sont l'étain et l'aluminium qui, à l'état pur, sont relativement inertes). Des poussières, des huiles et bien d'autres impuretés favorisent la décomposition du peroxyde d'hydrogène ;
- Le pH : les solutions aqueuses de peroxyde d'hydrogène sont moins stables en milieu alcalin qu'en milieu acide. La stabilité maximale se situe à pH 3,5 - 4,5 ;
- La température : l'augmentation de température accélère la réaction ;
- Les radiations : les rayons UV et les radiations ionisantes activent la décomposition.

La décomposition du peroxyde d'hydrogène est très exothermique ; elle peut être vigoureuse dans le cas de solutions concentrées.

La stabilisation des solutions peut être obtenue par addition de substances capables d'inactiver les impuretés catalytiques soit par formation de complexes soit par adsorption : par exemple le phosphate de sodium, le stannate de sodium, le silicate de sodium, des composés tels que l'acétanilide... Des nitrates sont parfois ajoutés comme inhibiteur de corrosion dans les récipients de stockage en aluminium ou en acier inoxydable.

Le peroxyde d'hydrogène est un oxydant puissant. La réaction peut être violente (combustion spontanée, détonation) avec certains produits organiques (acétone, acétaldéhyde, acide formique, alcools...). Les solutions concentrées de peroxyde d'hydrogène constituent des mélanges explosifs avec des matières organiques (huiles, graisse, kérosène...). Elles peuvent provoquer l'inflammation spontanée de matériaux tels que bois, paille, coton...

Le peroxyde d'hydrogène est également un agent réducteur pour d'autres oxydants plus puissants : hypochlorite de sodium, permanganate de potassium.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique – Métabolisme

Chez l'animal

Il est difficile d'avoir des informations significatives sur la vitesse d'absorption, la distribution et l'excrétion du peroxyde d'hydrogène ; le produit est en effet décomposé par des catalases au niveau des tissus de l'organisme. Cette décomposition en eau et oxygène est rapide sur les muqueuses et les zones de peau lésée.

On a néanmoins pu démontrer que le peroxyde d'hydrogène pénètre à travers l'épiderme et les muqueuses et qu'en se décomposant dans les tissus sous-jacents, il provoque une infiltration diffuse par l'oxygène libéré ; il peut se former des embolies principalement en cas d'instillation dans des cavités closes ou d'injection. Après une application sublinguale d'une solution à 19 % de peroxyde d'hydrogène marqué à un chat, un tiers de l'oxygène marqué se retrouve en 1 heure dans l'air expiré par l'animal. De même, on a pu observer une augmentation du taux d'oxygène dans le sang après perfusion dans le gros intestin du chien d'une solution diluée de peroxyde d'hydrogène.

Le peroxyde d'hydrogène est naturellement formé dans les cellules de l'organisme, comme sous-produit métabolique, par les mitochondries, le réticulum endoplasmique, les peroxysomes et diverses enzymes.

Dans l'organisme des mammifères, la glutathion peroxydase et la catalase sont parmi les enzymes fréquemment mises en œuvre pour la décomposition du peroxyde.

Toxicité expérimentale

Toxicité aigüe

L'eau oxygénée provoque des lésions cutanée et oculaire variables selon la concentration. Les solutions concentrées ont un effet corrosif.

Chez le lapin ou le rat, la DL50 par voie cutanée varie, suivant les souches d'animaux, entre 630 et 7500 mg/kg. Par inhalation, la CL50 chez le rat est de 2000 mg/m pour une exposition de 4 heures. Chez la souris, la DL50 par voie orale est de 2000 mg/kg et 376 ou 4050 mg/kg chez le rat. Les différences importantes observées semblent liées à la concentration de peroxyde d'hydrogène administré. Les effets notés sont essentiellement dus au caractère corrosif de la substance sur les tissus et ses conséquences (péritonite, convulsions...).

La concentration létale la plus basse par inhalation est de 160 mg/m chez la souris pour une exposition de 4 heures.

Localement, l'application d'une solution aqueuse à 15 ou 30 % de peroxyde d'hydrogène sur la peau de la souris provoque une épidermolyse extensive, une inflammation et des lésions vasculaires semblables à celles que produisent les promoteurs de tumeurs. La régénération est rapide et s'accompagne d'une hyperplasie de l'épiderme. On observe également un blanchiment de la peau qui serait dû à une ischémie produite par les bulles d'oxygène qui forment de petits embolus dans les capillaires. L'application dans l'œil de lapins de solutions à 5 % provoque une conjonctivite réversible, les lésions deviennent plus importantes dès 8 % (kératite encore réversible à cette concentration)

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 2007

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population », "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

3- HYPOCHLORITE DE SODIUM [22]

Fiche toxicologique n°157

Eaux et extraits de Javel, Hypochlorite de sodium

Formule : ClHO.Na

Substance(s)

Nom	Détails
Hypochlorite de sodium, solution ...	% Cl actif
Numéro CAS	7681-52-9
Numéro CE	231-668-3
Numéro index	017-011-00-1

Etiquette

231-668-3



HYPOCHLORITE DE SODIUM EN SOLUTION $\geq 5\%$ CL ACTIF

Danger

H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H400 - Très toxique pour les organismes aquatiques

EUH 031 - Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

Les eaux et extraits de Javel sont des solutions aqueuses d'hypochlorite de sodium généralement obtenues en faisant réagir le chlore sur la soude caustique. Ces solutions contiennent une certaine quantité de chlorure de sodium formé au cours de la réaction :



Caractéristiques

Utilisations

Les utilisations des eaux et extraits de Javel sont nombreux en raison du caractère détachant, blanchissant, désinfectant et désodorisant de ces produits (usages à caractère biocide) :

Usages ménagers (actions désinfectante, détachante et désodorisante) ;

Désinfection du matériel, des locaux... ;

Traitement des eaux ;

Blanchiment des fibres textiles, de la pâte à papier, etc.

L'utilisation des produits biocides est soumise aux obligations prévues pendant cette période transitoire (cf. partie réglementation).

Propriétés physiques

Les eaux et extraits de Javel sont des liquides ayant un léger reflet jaune-vert, sentant le chlore et parfaitement solubles dans l'eau.

Longtemps, la concentration des eaux et extraits de Javel s'est exprimée, dans les pays francophones, par le degré chlorométrique (° chl) et, dans les autres pays, par la teneur en « chlore actif » (% c.a., exprimée en g/L ou en % en poids). Depuis 2001, la concentration des eaux et extraits de Javel est également indiquée en France en pourcentage pondéral de « chlore actif ».

Pour information, le degré chlorométrique est le nombre de litres de chlore susceptibles d'être dégagés par un litre de solution sous l'action d'un acide à la température de 0 °C et la pression atmosphérique. Il est égal au nombre de litres de chlore gazeux ayant servi à fabriquer un litre de solution.

On trouve sur le marché des produits à différentes concentrations de chlore actif : Hypochlorite de sodium à environ 13 % de chlore actif ou hypochlorite de sodium à environ 24 % de chlore actif, réservés exclusivement à l'industrie, « concentrés », « extraits » ou « eaux de javel concentrées » à 9,6 % de chlore actif, présentés généralement sous forme de doses-recharges de 250 ml (berlingots) destinées à être diluées par mélange dans un flacon convenablement étiqueté de 1 litre avec 750 ml d'eau, « eaux de javel » prêtes à l'emploi renfermant environ 2,6 % de chlore actif.

D'autres concentrations (3,6 % c.a. conditionnée en bidon et 4,8 % c.a. conditionnée en berlingot) sont également disponibles pour le grand public.

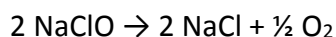
En France, la réglementation (décret n° 2001-881 du 25 septembre 2001) prévoit que les extraits de Javel destinés à des utilisateurs non professionnels doivent présenter une concentration pondérale maximale en chlore actif inférieure à 10 % et une concentration pondérale maximale en hydroxyde de sodium libre inférieure ou égale à 1,5 %.

De plus, conformément au CLP, l'étiquette de l'emballage des mélanges contenant plus de 1 % de chlore actif vendus au grand public doit porter la mention : « EUH 206 : Attention ! Ne pas utiliser en combinaison avec d'autres produits, peut libérer des gaz dangereux (chlore). »

	Quantité de chlore actif		Densité	Degré Chlorométrique	pH
Extraits de Javel classiques obtenus à partir d'hypochlorite de sodium à 13 % de chlore actif	9,6 %	110,56 g/L	1,152	34,88	> 11,5
Extraits de Javel classiques obtenus à partir d'hypochlorite de sodium à 24 % de chlore actif	9,6 %	106,78 g/L	1,112	33,68	> 11,5
Eaux de Javel obtenues à partir d'hypochlorite de sodium à 13 % de chlore actif	2,6 %	26,96 g/L	1,037	8,51	> 11,5
Eaux de Javel obtenues à partir d'hypochlorite de sodium à 24 % de chlore actif	2,6 %	26,73 g/L	1,028	8,43	> 11,5

Propriétés chimiques

Les eaux et extraits de Javel se décomposent lentement à température ambiante avec formation de chlorate et de chlorure de sodium et libération d'oxygène :



La décomposition est accélérée par la lumière, la chaleur et la présence de nombreux métaux, tels que le cuivre, le nickel et leurs alliages. Les eaux de Javel diluées sont beaucoup plus stables que les extraits.

Les eaux et extraits de Javel sont des solutions nettement basiques, à caractère oxydant. Avec l'ammoniaque, la réaction donne naissance à des chloramines et peut conduire à la formation d'azote. L'action des acides provoque un violent dégagement de chlore, gaz très toxique. Cette réaction survient quand on mélange, par exemple, de l'eau de Javel avec de l'acide chlorhydrique ou de l'acide sulfurique.

Les matériaux finement divisés tels que fibres textiles, papiers ou poussières de bois, mis en présence d'extrait de Javel peuvent dégager de la fumée contenant un peu de chlore et essentiellement de la vapeur d'eau.

Les eaux et extraits de Javel peuvent avoir une légère action corrosive sur les métaux usuels.

Pathologie – Toxicologie

Toxicocinétique – Métabolisme

L'hypochlorite de sodium est absorbé par voies digestive, respiratoire et cutanée. Il est métabolisé en chlorures et éliminé lentement par voie urinaire et plus faiblement au niveau des fèces.

Chez l'animal

Absorption

L'hypochlorite de sodium est absorbé par voie orale, cutanée et inhalatoire. Le pic plasmatique est atteint 2 heures après l'administration orale chez les animaux à jeun et après 4 heures chez les animaux nourris ; la 1/2 vie d'élimination du plasma est de 44 heures en cas de jeûne et 88,5 heures chez les animaux nourris.

Métabolisme

Une étude du devenir de solutions aqueuses de Cl^- hypochlorite de sodium chez le rat indique qu'il est métabolisé en ions chlorures ; ceux-ci sont distribués, 96 heures après l'exposition par ordre de concentration décroissante, dans le plasma, le sang total, la moelle osseuse, les testicules, les reins et le poumon.

Une heure après administration d'hypochlorite de sodium on a mesuré, dans le plasma et le contenu intestinal de rats, nourris ou à jeun, de l'acide trichloroacétique, dichloroacétique et du dichloroacétonitrile ; leur formation n'est pas dépendante de l'interaction, au niveau de l'intestin, de l'hypochlorite de sodium avec des substances organiques extérieures.

Élimination

96 heures après l'exposition, seuls 51,2 % de la dose sont éliminés dont 36,4 % dans l'urine et 14,8 % dans les fèces ; après 120 heures, l'élimination de $[\text{Cl}^-]$ hypochlorite de sodium n'est pas encore totale.

Toxicité expérimentale

Toxicité aigüe

L'hypochlorite de sodium sous forme concentrée provoque des effets corrosifs sur la peau et des effets sévères et souvent irréversibles sur les muqueuses respiratoire, digestive et oculaire.

L'hypochlorite de sodium, en exposition aiguë, est essentiellement corrosif.

La DL50 orale est de 8 910 mg/kg chez le rat et 5 800 mg/kg chez la souris ; la DL50 cutanée est supérieure à 10 000 mg/kg chez le lapin et la CL50 par inhalation est supérieure à 10,5 mg/l pour une exposition d'une heure chez le rat.

Les symptômes, par voie orale, sont surtout ceux d'une irritation avec brûlures oropharyngées, œsophagiennes et gastriques (chien, 100 ml d'une solution à 5,25 %) ; l'ingestion de quantités importantes (> 5 ml/kg) est associée à des lésions corrosives.

Par voie cutanée, on observe un épaissement de la peau (souris, 1 000 mg/L, 10 min/j, 4 j) et une baisse de viabilité des cellules basales de l'épiderme (cobaye, solution à 0,5 % sur la peau pendant 2 semaines).

L'hypochlorite de sodium est corrosif pour la peau du lapin (solution à 3,5 %, 15-30 min) ; la sévérité de l'irritation est fonction de la dose appliquée jusqu'à une concentration de 20 %.

La causticité oculaire chez le lapin est, elle aussi, fonction de la dose appliquée, l'effet débutant avec une solution à 0,5 % :

0,5 % : irritation réversible en 24 heures,

5 % : douleur immédiate ; si l'œil est lavé dans les 30 secondes la lésion (léger obscurcissement transitoire de la cornée et œdème de la conjonctive [5]) est réversible en 24 heures, par contre sans lavage la réversibilité n'est atteinte qu'après plus d'une semaine ; une dose identique appliquée dans l'œil du singe provoque une lésion plus rapidement réversible, 15 % : douleur immédiate et importante, sans lavage oculaire on observe une hémorragie de la conjonctive et du nez, un œdème de la conjonctive et une apparence vitreuse de la cornée avec hématome modéré ; la lésion est réversible en 2 à 3 semaines avec des séquelles cicatricielles plus ou moins importantes.

L'hypochlorite de sodium est un irritant respiratoire pour la souris.

La RD50 (dose qui provoque une baisse de 50 % de la fréquence respiratoire) est de 4,1 ppm pour une atmosphère d'hypochlorite mesurée en chlore libre ; elle est très voisine de celle du chlore (6,7 ppm). La similarité des valeurs montre que l'irritation, due à l'hypochlorite, est associée au contenu en chlore.

Il n'est pas sensibilisant pour le cobaye (solution à 40 % d'un mélange contenant 5,65 % d'hypochlorite de sodium).

Toxicité subchronique, chronique

L'ingestion de doses répétées provoque peu d'effet en dehors de modifications du système immunitaire. Le contact cutané entraîne une dermatose d'irritation.

L'hypochlorite de sodium, administré dans l'eau de boisson, ne modifie pas la survie du rat (jusqu'à 4 000 mg/L), de la souris (jusqu'à 2 754 mg/L) ou du cobaye (50mg/L). Il induit, chez le rat, une légère baisse de la consommation hydrique aux fortes doses et une faible augmentation de la prise de poids corporel (animaux jeunes), mais ne provoque aucune modification des paramètres sériques ou du poids des organes.

Les effets sur le système immunitaire ont été testés chez la souris et le rat (30 mg/L dans l'eau de boisson). L'hypochlorite de sodium inhibe l'activité phagocytaire et, en particulier, tumoricide des macrophages pulmonaires, hépatiques et spléniques de la souris à partir de la 3^e semaine d'exposition. Chez le rat, il n'y a pas de baisse d'activité phagocytaire des macrophages péritonéaux. Cependant on observe une baisse du poids de la rate, une diminution des réactions d'hypersensibilité de type retardé et du métabolisme oxydatif des macrophages, et une augmentation du taux de prostaglandines E2 [9].

Par voie cutanée, l'hypochlorite de sodium (0,1 mL d'une solution à 0,125 %) provoque une inflammation et une hyperplasie de l'épiderme du cobaye après 14 jours ; après 8 semaines d'exposition, on n'observe plus aucun effet sur la prolifération, le développement et la différenciation de l'épiderme [4].

Effets génotoxiques

L'hypochlorite de sodium est génotoxique in vitro. Certains tests in vivo sont également positifs.

In vitro, l'hypochlorite de sodium est mutagène dans le test de Ames sur *S. typhimurium* pour les souches TA 98 et TA 100 (avec activation métabolique), TA 1530 et TA 1535 (sans activation métabolique) et non mutagène pour la souche TA 1538. Il augmente les aberrations chromosomiques dans les cellules de hamster chinois, mais pas dans les lymphocytes ou les fibroblastes humains ; néanmoins, dans ces dernières cellules il augmente les échanges entre chromatides-sœurs. Il n'induit pas de transformation dans les cellules C3H/10T1/2 en culture.

In vivo, les tests ne montrent pas de modification induite dans la moelle osseuse de souris (micronoyaux, aberrations chromosomiques et induction d'aneuploïdie).

Cependant, une exposition répétée (1 ml/j d'une solution à 200 mg/l soit environ 4 mg/kg/j par gavage, pendant 5 jours) provoque, chez la souris B6C3F1, 3 semaines après le traitement, une augmentation significative des anomalies de la tête spermatique ; cette augmentation n'est plus significative après 5 semaines. La spécificité dans le temps pourrait indiquer un effet particulier sur les spermatocytes primaires tardifs, sensibles aux mutations.

Effets cancérogènes

Les essais réalisés ne sont pas en faveur d'un effet cancérogène de l'hypochlorite de sodium.

Il n'y a pas d'augmentation de l'incidence ou de la période de latence des tumeurs chez les animaux exposés pendant 2 ans à des doses allant jusqu'à 2 000 ppm (rat) et 1 000 ppm (souris) d'hypochlorite de sodium dans l'eau de boisson, quel que soit le sexe.

L'administration d'hypochlorite de sodium (70, 140 et 275 ppm) pendant 2 ans dans l'eau de boisson du rat et de la souris induit, uniquement chez le rat femelle, une activité cancérogène équivoque (augmentation du taux de leucémies) non-fonction de la dose. Par voie cutanée, l'hypochlorite de sodium n'induit ni tumeur cutanée ni hyperplasie épithéliale chez la souris. Une solution à 10 % est promotrice pour le développement de cancers cutanés initiés par l'oxyde de nitroquinoline ; elle ne l'est pas après initiation par le diméthylbenzanthrène.

L'effet de l'hypochlorite de sodium sur le système immunitaire pourrait potentialiser l'action promotrice via une action tumoricide diminuée sur les cellules néoplasiques.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : septembre 2017

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population », "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Annexe 3 : RESULTAT D'ANALYSE

Caractéristiques	Unité	E0-Z	E1-Z	E2-Z	E3-Z	E4-Z	Normes
TEMPERATURE	°C	22,8	23,1	22,5	22,7	22,8	30
TURBIDITE	NTU	3,18	4,28	3,97	8,25	2,91	25
pH		7,88	7,06	7,1	7,2	7,18	6≤pH≤9
CONDUCTIVITE	μS/cm	60,3	53,6	50,5	78,4	57,5	200
MINERALISATION	mg/l	56	50	46	68	53	
DURETE TOTALE	°f	2,3	2,2	1,8	2,2	1,9	
DURETE CALCIQUE	°f	1,7	1,6	1,4	1,7	1,5	
TITRE ALCALIMETRIQUE	°f	0	0	0	0	0	
TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET	°f	1,2	0,8	0,9	2,8	1,5	
CALCIUM	mg/l	6,8	6,4	5,6	6,8	6	
MAGNESIUM	mg/l	1,46	1,46	0,97	1,22	0,97	
CARBONATES	mg/l	0	0	0	0	0	
BICARBONATES	mg/l	14,64	9,76	10,98	34,16	18,3	
MATIERES ORGANIQUES	mg/l	2,2	1,8	0,9	2	1,5	60
AMMONIUM	mg/l	0,4	0,35	0,35	0,45	0,36	
FER TOTALE	mg/l	0,01	0,06	0,04	0,06	0,06	10
CHLORURES	mg/l	12,78	20,23	7,81	201,61	11,36	250
SULFATES	mg/l	7,01	11,18	8,62	12,55	7,55	250
NITRITES	mg/l	0	0	0,01	0	0	0,2
NITRATES	mg/l	0,41	0,41	0,31	0,38	0,31	20
DBO5	mg/l	10	10	10	10		50
DCO	mg/l	11,1	10,4	10,7	9,8	10,5	150
SODIUM	mg/l	3,91	9,35	2,37	12,73	6,42	

Table des matières

PARTIE A : CONTEXTE GENERALE DE L'ETUDE ET SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	1
INTRODUCTION	1
Chapitre I : PRESENTATION DE LA SOCIETE JIRAMA ET DU STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES DE LA SYMBION POWER	3
I-1 Historique	3
I-2 Organigramme de la JIRAMA	4
I-3 La station de traitement d'eaux huileuses de la société SYMBION POWER	7
I-4 Cas général d'une centrale thermique	10
Chapitre II : GENERALITES SUR LES EAUX RESIDUAIRES	12
II-1 Introduction	12
II-2- Définition des eaux usées	12
II-3- Origine des eaux usées	12
II-4 Rejets liquides d'une centrale thermique	14
II-5 Pollution	16
II-6 Norme	19
II-7 Paramètres organoleptiques	22
II-8 Paramètres physico-chimiques	22
II-9 Paramètres bactériologiques	25
Chapitre III- TECHNIQUES DE TRAITEMENTS DES EAUX USEES	26
III-1 Introduction	26
III-2 Les composantes d'un traitement	26
PARTIE B : ETUDES EXPERIMENTALES	36
Chapitre IV- CONCEPTION ET REALISATION DES MATERIELS ET EQUIPEMENTS	36
IV-1 Traitements physiques	36
IV-3 Traitement chimique	44
Chapitre V- PROCEDE ET METHODOLOGIE DE TRAITEMENT	51
V-1 Méthodologie de prélèvement des eaux usées	51
V-2 Méthodologie pour le traitement physique	53
V- 3 Méthodologie chimique	55
V-4 Méthodologie pour le traitement biologique	59
Chapitre VI- INTERPRETATION DES RESULTAT ET DISCUSSION	64
VI-1 interprétation des résultats	64

PARTIE C : ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET EVALUATION FINANCIERE SOMMAIRE	74
VII- PERSPECTIVE POUR AVOIR UN BON TRAITEMENT	74
VII-1 Résultat d'analyse	74
VII-2 Traitement physique	77
VII-3 Traitement chimique.....	79
VII-4 Traitement biologique	80
Chapitre VIII- ANALYSE ENVIRONNEMENTALE.....	82
VIII-1 Toxicité des effluents industriels	82
VIII-2 Impact de la pollution	83
CONCLUSION GENERALE	90
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES	92
ANNEXE.....	96
Annexe 1 : TECHNIQUES D'ANALYSES DES EAUX	I
IV.1 MES.....	I
IV.2 Turbidité	III
IV.3 pH mètre	III
IV.4 Détermination de la concentration eau-huile.....	IV
IV.5 Mesure de la concentration des chlorures [Cl ⁻]	V
IV.6 Détermination la concentration de sulfate [SO_4^{-2}]	V
IV.7 Détermination de la concentration de Fer [Fe ²⁺ et/ou Fe ³⁺].....	VI
IV.8 Détermination de la DBO	VI
IV.9 Détermination de la DCO	VIII
IV.10 Conductivité électrique [24].....	IX
Annexe 2 : FICHE DE TECHNIQUES DES REACTIFS (INRS et VWR)	XI
Annexe 3 : RESULTAT D'ANALYSE.....	XXIV

Titre : « Techniques de traitement des eaux
usées de la centrale thermique Symbion
Power »

Nombres de pages : 96

Nombres de figures : 41

Nombres de tableaux : 10

Auteur : ANDRI-MAHEFA

Iarizo Todisoa

Tél : +261 34 81 998 45

E-mail : zouhandrimahefa@gmail.com

Rapporteur :

- Monsieur ANDRIANAIVORAVELONA Oliva Jaconnet
- Monsieur RAMAROSON Jean De Dieu



FAMINTINANANA

Ny rano tsara kalitao sy betsaka dia ilaina mafy ho an'ny olombelona noho ny fahabetsahan'ny fampiasana azy. Betsaka ny vokadratsy aterak'izany eo amin'ny tontolo iainana raha toa ka maloto izy ka izany no mahatonga ny fanadiovana azy. Rehefa natao ny andrana fanadiovana ireo rano maloto avy ao amin'ny orinasa SYMBION POWER dia hita fa ny fanadiovana ara-pizika dia tena mahafaka tokoa an'ireo karazana loto no mora kokoa ny manao ilay fandramana. Mahatratra 93,55% ny vokatra azo. Ny fanadiovana aminy alalan'ny akora simika dia manala ny loto fa kely no misy tokony mbola hampiana ary izany ary mandany vola ny manao ny sasany. Ny ara-biolojika kosa dia manadio ihany koa fa saingy mandany fotoana ny manao azy kanefa tsotra ny manantanteraka ilay fanandramana. Hita eto fa manaraka ny fenitra ilaina sy apetraky ny fanjakana daholo ireo rano izay nanaovana andrana fanadiovana azy.

Teny fototra: Loto, tontolo iainana, fandiovana, rano misy menaka, fepetra

RESUME

L'eau de bonne qualité et en quantité est un besoin vital pour l'homme à cause de sa diverse utilisation. Les eaux usées avec sa pollution engendrent beaucoup de conséquences néfastes sur l'environnement en générale d'où le besoin de traitement. L'essai de traitement physique effectué sur les eaux usées de la centrale thermique Symbion Power est le plus efficace car son rendement est de 93,55 % et la conception et la méthodologie de traitement est facile. Le traitement chimique est aussi efficace mais coûteux et il a encore des besoins d'ajustement. Le traitement biologique est très facile à réaliser et un peu efficace mais il demande beaucoup temps de pour l'essai de traitement. On peut en constater que toutes les eaux traitées suivent la norme de rejet imposée par l'Etat Malagasy.

Mots clés : Pollution, environnement, traitement, eaux huileuses, normes

ABSTRACT

Water of good quality and quantity is a vital need for people because of its various uses. Waste water with its pollution generates a lot of negative consequences on the environment in general hence the need for treatment. The physical treatment test performed on the wastewater of the SYMBION POWER thermal power plant is the most efficient because its efficiency is 93,55% and the design and the treatment methodology is easy. Chemical treatment is also effective but expensive and still needs adjustment. The biological treatment is very easy to perform and a little effective but it takes a lot of time for the treatment trial. It can be seen that all the treated waters follow the standard of rejection imposed by the Malagasy Government .

Keys words: Pollution, environment, treatment, oil waters, standard